GENIO BARONI ED ERNESTO SETTI

MANVALE DI
TORIA NATVRALE

R LE SCVOLE MEDIE SVPERIORI

VENTVRINI

L. CAPPELLI
EDITORE
ROCCA S. CASCIANO

E. SETTI

ELEMENTI DI ZOOLOGIA

PROF.ri E. BARONI ed E. SETTI

Corso di Storia naturale per le Scuole medie superiori

DOTT. ERNESTO SETTI
Professore ordinario di Storia naturale presso il R. Istituto tecnico di Torino

Elementi di Zoologia

TERZA EDIZIONE DILIGENTEMENTE RIVEDUTA
NEL TESTO E NELLE FIGURE

ROCCA S. CASCIANO
LICINIO CAPPELLI EDITORE
Libraio di S. M. la Regina Madre

PREFAZIONE ALLA TERZA EDIZIONE

Il fatto di dover compilare una terza edizione di questo manuale dopo brevissimo tempo (la prima edizione uscì nel 1915 e la seconda nel 1917) è di per sè stesso altamente significativo; e mentre è ragione di legittimo compiacimento per l'autore e per l'editore, è anche di sicurissimo affidamento per le scolaresche a cui il libro vien destinato e per i rispettivi insegnanti.

Ma le ottime accoglienze fatte al manuale sono tanto più apprezzabili in quanto è questo un certo tentativo di ribellione contro le tendenze dominanti nell'insegnamento scientifico secondario.

In realtà, mentre generalmente si crede di migliorare ogni nuovo testo con amplificazioni e complicazioni d'ogni genere, qui si è cercato di contenere la materia nello stretto necessario mediante una selezione rigorosa, e di renderla per contro sempre più intelligibile ed istruttiva mediante una più accurata spiegazione; si è data ai *fatti* la dovuta importanza, ma si è seguita la massima che « i fatti non hanno valore se non per le *idee* a cui danno alimento e da cui ricevono interpretazione ».

E mentre per solito si riaffermano, soprattutto nei testi di zoologia, i principii materialistici del secolo scorso, altrettanto nocivi nell'educazione dei giovani quanto irresistenti alla critica scientifica più approfondita, qui si seguono decisamente le sane correnti idealistiche ormai vittoriose nelle più elevate sfere della scienza e della filosofia. Se questo, che sarebbe stato un difetto organico intollerato alcuni anni addietro, non ha ora impedito la rapida diffusione del pre-

sente manuale, è segno che quei tempi in cui si pensava di poter fabbricare l'*homunculus* in qualche storta da chimico sono per sempre passati, a tutto vantaggio della dignità della scienza e dell'efficienza educativa dell'insegnamento.

Grati del favore loro accordato, l'autore e l'editore hanno cercato di corrispondervi introducendo nel testo e nelle figure sensibilissimi miglioramenti, il cui valore sarà tanto più agevolmente riconosciuto se si terrà conto delle difficili condizioni editoriali di questo periodo.

Torino, luglio 1919.

E. SETTI.

Nozioni generali.

La *Zoologia* (1) è la scienza che ha per oggetto lo studio degli animali, e non solo degli animali singolarmente considerati, ma dell'animalità nel suo complesso, nel suo svolgimento attraverso i tempi, nelle leggi che la governano. E occorre dir subito che al regno animale, almeno nel senso più largo della parola, appartiene anche l'uomo, e che perciò il problema stesso della nostra esistenza e del nostro destino è strettamente connesso con gli studi zoologici, e attende, anzi, da questi i più indispensabili schiarimenti preliminari (2).

Ma anche trascurando questo aspetto *ideale* che molti non possono vedere, perchè tutti assorti nelle questioni *pratiche* della vita, che meglio si addicono all'indole grettamente commerciale ed affaristica del nostro tempo, la Zoologia ha in suo diretto dominio molti argomenti di capitale importanza appunto sotto l'aspetto della più immediata e più generale praticità.

Non parliamo nemmeno di quei numerosi e preziosissimi prodotti animali che sono largamente sfruttati dall'uomo e che per essere assicurati e accresciuti richieggono spesso studi minuziosi di puro carattere zoologico, ma alludiamo invece ai grandiosi problemi della colonizzazione, della pubblica igiene, dell'agricoltura: ricordiamo le malattie tropicali che tanto rallentano la marcia della civiltà in estesissime e fertili regioni dell'Africa e dell'America, e che sono provocate o trasmesse da animali di diversi tipi (per es. la *malattia del sonno* e la *febbre gialla*);

---

(1) *Zòon* è greco di « animale », e *Lògos* è greco di « discorso » nel senso di « trattazione ».

(2) Non voglio dar consigli ai miei stimati Colleghi, ma credo opportuno avvertire che, a questo proposito dell'estensione del dominio zoologico, io dedico sempre qualche parola per mettere meglio in evidenza fin da principio che lo zoologo non è quell'imbalsamatore di uccelli, nè quel cacciatore di farfalle, nè quel pescatore di granchi che generalmente il mondo profano si raffigura, ma che è per contro un paziente scrutatore del mistero della vita, a cui il vero filosofo e il vero poeta tendono spesso la mano fraterna nell'affannoso perseguimento di un comune ideale.

ricordiamo pure la famosissima *malaria*, che è stata per tanto tempo una delle più gravi calamità pubbliche e permanenti del nostro Paese, e che ormai è in via di eliminazione appunto perchè sono state risolte le questioni zoologiche relative al complicato argomento; ed accenniamo almeno ad un esempio dei più notevoli fra quelli che interessano l'agricoltura, nominando quella terribile *Fillossera* che recò miliardi di danni ai vigneti francesi e varî milioni anche ai nostri.

In seguito avremo ancora occasione di parlare di queste forme e di molte altre ugualmente notevoli sotto varii aspetti; ma l'importanza pratica della Zoologia può giá essere intravveduta dalle poche cose ora dette.

Gli *animali*, come le piante, sono *organismi*, ossia corpi naturali formati di parti diverse intimamente connesse fra loro e cooperanti ad un particolare fine comune che è la *vita*.

La *vita* è un complesso fenomeno, anzi il più maraviglioso fenomeno che si presenti alla nostra osservazione, ma che noi conosciamo solo superficialmente per alcune sue manifestazioni più evidenti e più generali, senza che ci sia dato però di penetrarne il mistero, nè di definirla in modo soddisfacente.

Se la scienza moderna non è in grado di dirci che cosa sia la vita, non ne viene di conseguenza che dobbiamo abitualmente trovarci imbarazzati quando vogliamo decidere sulla natura vivente di un corpo; le manifestazioni del fenomeno che già ci sono note possono costituire, nella maggior parte dei casi, le condizioni sufficienti per una sicura determinazione, ed essere quindi considerate come *caratteri distintivi degli organismi*. Questi caratteri riguardano l'*individualità*, la *struttura*, il *modo d'origine*, la *durata*, le *relazioni con l'ambiente*.

La vita non si manifesta nella materia omogenea, illimitata ed informe, quale ci appare per esempio nella roccia di un monte, ma sempre in corpi ben limitati nello spazio, e perciò ben distinti, e separati, e costituiti di parti diverse, per modo che non sia possibile frazionarli a capriccio senza distruggerne la vitalità stessa; noi insomma non conosciamo la vita se non attraverso all'infinito numero di *individui* che la rappresentano singolarmente.

Abbiamo una prova intuitiva di questa importante caratteristica anche nell'uso comune di servirci degli articoli indeterminativi solo per la specificazione dei corpi viventi; per esempio, noi diciamo comunemente « *un* cane, *una* scimmia, *un* pioppo, *una* quercia » quando vogliamo indicare un esemplare di tali specie di organismi, ma non diciamo mai « un argento, un salgemma, una dolomite » per indicare un esemplare di questi minerali.

Ma a questo proposito vi è da rilevare una notevole eccezione che riguarda i *cristalli.* Senza consentire per nulla nelle vedute di quei naturalisti che tendono a considerare i cristalli come corpi viventi, si può riconoscere che la caratteristica dell'*individualità* è innegabile nei cristalli e costituisce una buona ragione di avvicinamento agli organismi per quanto insufficiente ad una vera identificazione. E' certo che non si può dividere un cristallo senza rompere una individualità, e che il fatto ci potrebbe autorizzare a definire il cristallo stesso come un minerale naturalmente individualizzato.

La *struttura* degli organismi è *eterogenea*: come abbiamo già accennato, essi sono costituiti di parti diverse adibite ciascuna a particolari funzioni, convergenti però ad uno scopo comune. Queste unità funzionali si chiamano *organi*, e possono riunirsi per intimità di relazioni in *apparecchi* più o meno complessi, che sono cointeressati in qualche funzione generale comune.

Inoltre, e indipendentemente da ogni distinzione di ufficio, gli organismi ed i loro organi sono poi più minutamente divisibili in unità elementari e microscopiche che si chiamano *cellule*, essenzialmente formate di una sostanza particolare complicatissima detta *protoplasma*, che è caratteristica esclusiva degli organismi, e della quale parleremo più a lungo in uno speciale capitolo intorno alla cellula. Aggiungeremo frattanto che i principali composti chimici che costituiscono il protoplasma sono caratterizzati, in confronto a quelli più semplici che formano i minerali, dalla generale *inettitudine a cristallizzare*.

In un organismo, e anche in uno stesso organo, vi possono essere cellule molto differenti tra loro per forma, per grandezza o per varii caratteri, ma di solito quelle simili si uniscono insieme, in numero più o meno grande, per formare dei distinti *tessuti*.

Vi sono anche, è vero, moltissimi organismi costituiti da una sola cellula, e che si chiamano appunto *unicellulari* ; per questi non si può più parlare, naturalmente, nè di tessuti, nè di organi in senso stretto, ma l'eterogeneità di struttura non è meno evidente, perchè la cellula, come vedremo, è sempre costituita di parti diverse, che hanno anche attitudini ad uffici particolari, e che perciò, se non sono veri organi, ne fanno almeno le veci.

Gli organismi hanno sempre *origine* da altri organismi *simili* preesistenti, mediante un processo regolare di *figliazione*, mentre i corpi inorganizzati si formano per trasformazione più o meno lenta di sostanze precedentemente diverse, o anche per aggregazione di elementi eterogenei. Certamente anche gli organismi sono soggetti a trasformazioni, i cui limiti non sono finora bene accertati, ma in ogni caso queste trasformazioni avvengono con estrema lentezza attraverso a molte generazioni, tanto che i generati appena si distinguono dai genitori diretti, per quanto non siano mai perfettamente uguali.

Gli individui viventi durano in vita un *tempo limitato* inesorabilmente ristretto tra due termini più o meno vicini, che sono la *nascita* e la *morte*, questi termini sono più precisamente distinti negli animali che nei vegetali, ma sono comuni senza eccezione agli uni ed agli altri.

Gli organismi hanno una forma tutta speciale di *relazioni con l'ambiente* in cui vivono : essi scambiano con l'esterno materia ed energia come tanti corpi inorganici e perfino artificiali (per esempio le macchine), ma effettuano lo scambio in modo regolare, continuativo, ed automatico, cioè disciplinato secondo il bisogno da forze proprie intrinseche.

Non mancano poi altri caratteri distintivi ma che sono meno generali : alcuni naturalisti, per esempio, danno molta importanza al *modo di accrescimento*, che negli organismi suole effettuarsi per moltiplicazione interna di elementi e non per sovrapposizione di materia dal di fuori come nei minerali, ma vi sono gli esseri unicellulari per cui questa caratteristica appare discutibile. Ad ogni modo dobbiamo ricordare ancora che se tutti questi caratteri sono sufficienti allo scopo pratico di farci distinguere dagli altri i corpi viventi, non bastano affatto all'obbiettivo ideale di definire la vita, il cui fattore essenziale ci è tuttora sconosciuto. Le ricerche recenti anzichè avvicinarci alla soluzione del

grande problema tendono a rilevarne sempre più le molteplici complicazioni, e ad escludere che la vita sia un fenomeno riducibile a semplici modalità di energie fisico-chimiche, come vorrebbero i materialisti. Le *dottrine vitaliste* che ammettono una particolare forma di *energia vitale* al tutto diversa da quelle già note, acquistano credito tutti i giorni, e sembrano destinate a un definitivo trionfo.

* * *

Abbiamo visto per quali caratteri gli organismi si possano distinguere dai corpi non organizzati; ma abbiamo anche detto che fra gli organismi sono compresi tanto gli *animali* quanto le *piante*, e dobbiamo ora accennare ai caratteri distintivi tra queste due categorie, che sono oggetto di due scienze particolari: la *zoologia* e la *botanica*.

Effettuando il confronto genericamente, e soprattutto tra le forme superiori delle due categorie, potremmo dire che gli animali sono dotati di *movimenti volontarii di traslazione* nello spazio, o almeno di movimenti *parziali automatici*, mentre le piante sono fisse ed *immobili*, o tutto al più suscettibili di movimenti *parziali di reazione* a stimoli esterni; potremmo anche aggiungere che gli animali sono *sensibili* nel vero senso della parola, cioè capaci di sentire o di avere coscienza degli stimoli, mentre le piante hanno soltanto la facoltà di *reagire meccanicamente* agli stimoli; e per ultimo si potrebbe rilevare in particolar modo il diverso processo di *nutrizione*, in quanto gli animali sono generalmente obbligati a nutrirsi di sostanze *organiche* (1) già elaborate direttamente o indirettamente dalle piante, mentre queste avrebbero invece l'attitudine di trasformare appunto in sostanze organiche più o meno complesse le sostanze più semplici, *inorganiche*, che assumono in via diretta dal terreno o dall'aria.

Ma tutta queste differenze si riducono gradatamente fino a non essere più riconoscibili quando si porta il confronto alle forme inferiori dei due regni di viventi: tutti sanno, per esempio,

---

(1) I chimici chiamano sostanze « organiche » quelle che sono prodotte dall'attività degli organismi, ed « inorganiche » quelle che si possono anche trovare nel regno minerale, e che sono generalmente molto più semplici.

che le spugne sono fisse e pressochè immobili ed insensibili, pur essendo animali; che le spore di certe alghe nuotano invece liberamente nell'acqua; che molte piante, o parassite o insettivore, si nutrono con processi analoghi a quello degli animali. Inoltre è da osservare che recentemente sono state scoperte in molte piante delle particolari cellule superficiali che hanno tutto l'aspetto di *occhi elementari* come quelli che si osservano in molti animali inferiori.

Questa incertezza di confini tra i due grandi regni è uno dei tanti fatti che possono giustamente essere invocati a sostegno dell'ipotesi evoluzionistica, di cui parleremo in seguito. In realtà, se si ammette che tutti gli organismi siano soggetti a trasformazioni continue e graduali, per modo che le forme superiori siano derivate per millenario svolgimento da quelle inferiori, si giunge alla logica conclusione che i due regni abbiano avuto un'origine comune, ed appare naturalissimo che siano esistite delle forme elementari con caratteri non ben decisi di animali o di piante. Resta a spiegare, è vero, come mai queste forme semplicissime esistano ancora oggigiorno, ma si potrebbe ammettere, per esempio, che le ignote cause della loro formazione continuino sempre più o meno invariate. Nulla di sicuro può essere affermato in proposito, eccetto la difficoltà indiscutibile di riconoscere per molte di quelle forme inferiori i caratteri degli animali piuttosto che delle piante, e non è quindi inopportuna la proposta fatta da Ernesto Haeckel fino dal 1878, di istituire una specie di regno neutro o intermedio, **Regno dei Protisti** (= esseri primi), per tali forme indifferenziate. L'Haeckel aveva compreso in questo regno tutti gli organismi unicellulari indistintamente, e se i progressi scientifici effettuati in questi ultimi decenni ci autorizzano ora ad includere decisamente fra gli animali o fra i vegetali una gran parte di quegli organismi, ne rimangono tuttavia moltissimi per cui non è possibile una sicura distinzione e per cui è almeno prudente se non necessaria l'istituzione di quel regno intermedio. Vi si possono comprendere quelle forme semplicissime che quasi tutti i botanici, dando eccessiva importanza ad alcuni caratteri secondari, includono senz'altro nel regno vegetale sotto le denominazioni di *Mixomiceti* e di *Schizomiceti* (Bacteri) che accennano ad un'analogia coi funghi (miceti = funghi). Ad

ogni modo il loro studio non è nel diretto dominio della zoologia (1).

* * *

Le ricerche scientifiche sugli animali sono molto più estese e più complesse di quanto non si creda comunemente: si effettuano ad un tempo su molte direzioni, che pur riducendosi ad una risultante comune, hanno obbiettivi loro proprii ben determinati e costituiscono ormai altrettanti rami di scienza più o meno autonomi e sviluppati.

L'*anatomia* studia l'intima struttura degli organismi e si divide in *microscopica* (od *istologia*), e *macroscopica* (od *organografia*), a seconda che contempli la minuta costituzione cellulare dei varii tessuti, o soltanto i caratteri di forma e di posizione dei singoli organi ed apparecchi. L'ufficio di queste varie parti nella vita dell'organismo ed il loro modo di funzionare è oggetto della *fisiologia*.

Lo studio più particolareggiato della struttura e della vita della cellula individualmente considerata prende il nome di *citologia*; mentre la ricerca più approfondita ancora sulla natura delle sostanze che sono contenute nella cellula stessa, cioè nel protoplasma e nei suoi derivati, oppure che concorrono in qualunque modo a costituire il corpo animale o a provocarvi delle naturali trasformazioni è còmpito speciale della *zoo-chimica* (ramo della *bio-chimica* o chimica dei viventi). Le fasi di sviluppo dei varii animali, ossia le molteplici trasformazioni che gradatamente si succedono nel primo periodo della vita individuale, cioè dalla cellula primitiva da cui ciascuno deriva, fino all'acquisto della forma stabile caratteristica della specie, sono oggetto di studio della *ontogenia* o, come più comunemente si dice, dell'*embriologia*, benchè questa espressione sia più propria ad indicare la speciale ontogenia degli animali superiori.

La *paleontologia* si occupa dei fossili, ossia degli avanzi organici di epoche remote, delle faune e delle flore passate e delle loro trasformazioni nel tempo (dividendosi in *paleo-zoologia* e

---

(1) Veggasi per queste forme il volume relativo alla parte *botanica*, compilato dal chiar.mo professore Eugenio Baroni.

paleo-fitologia a seconda che tratti di fossili animali oppure vegetali). La *corologia zoologica* riguarda la distribuzione geografica degli animali, l'*ecologia* ne esamina i molteplici rapporti con l'ambiente in cui vivono; e la *zootecnia* ne ricerca tutte le possibili applicazioni pratiche a vantaggio dell'uomo. E trascurando altri rami meno autonomi o meno importanti, diremo finalmente che la descrizione metodica delle forme animali, distribuite in un naturale sistema, costituisce la zoologia *sistematica* o *descrittiva*, che è certamente, e a buon diritto, uno dei principali intenti dello zoologo.

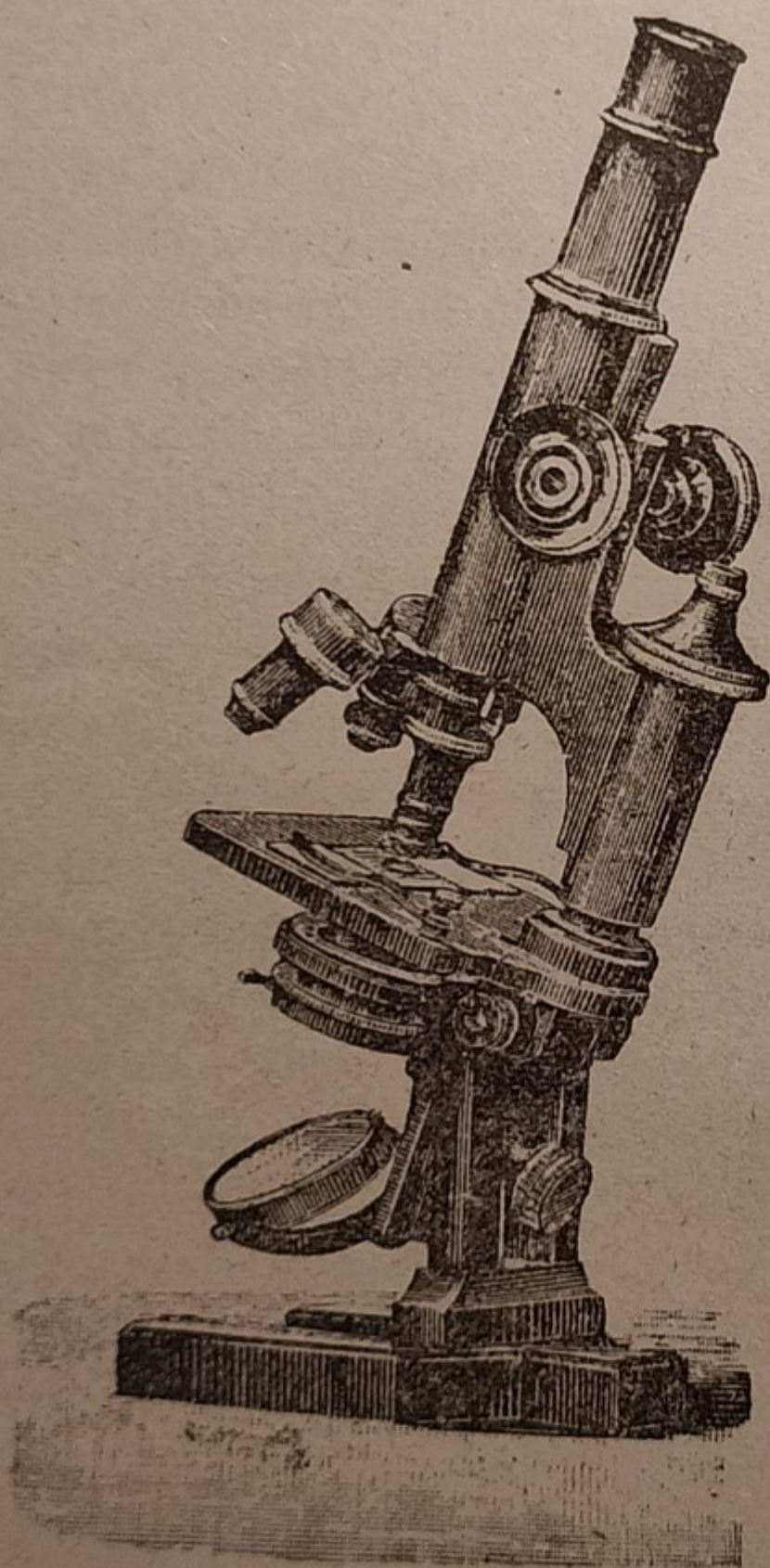



Fig. 1. - Microscopio composto tipo comune.

Per l'enorme estensione che ha raggiunto ai nostri tempi questa parte sistematica, non è più possibile ad uno studioso di acquistare competenza in tutto il suo dominio, che perciò si è suddiviso in tanti reparti corrispondenti ai gruppi sistematici principali, e ciascuno di questi oramai tende a individualizzarsi, a formare cioè un ramo di scienza speciale; e così si ha, per esempio, la *malacologia* che tratta dei molluschi, la *carcinologia* che riguarda i crostacei, l'*entomologia* gli insetti, l'*ittiologia* i pesci, l'*ornitologia* gli uccelli.

Il ramo che si occupa della storia naturale dell'uomo, e che per la sua grande importanza ha assunto naturalmente una maggiore autonomia e un particolare sviluppo, costituisce l'*antropologia*, ma non è in sostanza che uno speciale capitolo delle scienze zoologiche largamente intese.

L'insieme della zoologia e della botanica, e di tutte le loro suddivisioni costituisce la *biologia* propriamente detta, o scienza

della *vita* in generale, ma la parola « biologia » è anche usata talvolta in senso più ristretto per indicare il modo di vivere degli organismi.

* * *

Prima d'iniziare lo studio anatomico degli animali è bene che la scolaresca abbia almeno un'idea dei mezzi di osservazione attualmente disponibili, che conosca soprattutto il microscopio semplice e composto e i primi elementi della tecnica microscopica (cenni sulla *fissazione*, sulla *colorazione*, sulla *inclusione* e sulle *sezioni* dei preparati); ed è anche bene che esamini appunto qualche preparato istologico sotto la guida dell'insegnante. Questo argomento trascende il còmpito ordinario di un libro di testo per iscuole secondarie, ma non credo inutile l'accenno fugace, mettendo sotto gli occhi degli studenti la figura di un microscopio, perchè resti impressa la capitale importanza di questo prezioso strumento, a cui la storia naturale deve tutte le sue più grandi scoperte, tutto l'accelerato e sorprendente progresso dei nostri tempi.

La Cellula e i Tessuti.

(CITOLOGIA ED ISTOLOGIA).

Struttura e vita della cellula.

Se esaminiamo al microscopio una sottile sezione di una parte qualunque di un animale o di una pianta, anche delle specie più comuni, ci appare costituita di tante piccole particelle più o meno avvicinate tra di loro, che sono appunto quelle *cellule* di cui già abbiamo parlato e che ora potremo precisamente definire come le *unità anatomiche* o gli *elementi costitutivi degli organismi* (1).

Così dicendo riconosciamo subito un fatto importante, cioè che gli animali hanno in comune con le piante la costituzione fondamentale, e specifichiamo con precisione il valore della cel-

(1) La parola « cellula », ormai generalmente adottata, è molto impropria ed atta a cagionare degli equivoci grossolani. In realtà, cellula vale *piccola cella*, cioè cavità, e richiama perciò l'idea di un *contenente* bene distinto da un *contenuto* che vi sarebbe subordinato. Ora, è precisamente vero tutto il contrario: la cosidetta cellula è una piccola massa di protoplasma che può anche restare senza pareti speciali, e che se invece suole proteggersi mediante una differenziata *membrana*, questa rimane per altro una cosa *secondaria*, che non ha origine indipendente, ma che è *prodotta* dal protoplasma stesso.

lula nell'organismo, perchè le espressioni « unità anatomica » ed « elemento » indicano che la cellula si può considerare in certo modo come un *fattore primo* del *prodotto* « organismo ». Le cellule infatti, riunendosi fra loro, costituiscono dei tessuti, degli organi, degli apparecchi, ossia delle specie di *fattori multipli*, mentre esse medesime non sono ulteriormente scomponibili in parti equipollenti che abbiano ancora valore anatomico.

Se la cellula è formata dall'associazione di varie sostanze, le quali risultano alla loro volta dall'associazione di molecole, di atomi, e così via, queste parti costitutive non hanno più significato anatomico, non hanno più caratteristiche vitali, ma unicamente fisico-chimiche.

Sappiamo già che certe cellule possono vivere anche isolate, ossia costituire da sole degli esseri viventi completi, mentre non è possibile che un atomo od una molecola possano costituire isolatamente un organismo qualsiasi. All'incontro gli stessi atomi e le stesse molecole fisiche che troviamo nella complicata sostanza della cellula possiamo anche trovare nella materia inorganizzata di un minerale. Bisogna poi aggiungere che *non si conosce organismo che non sia almeno costituito da una cellula completa* (1).

Per meglio far intendere agli studenti qualche concetto che possa apparire alquanto difficile per la sua novità relativa, è spesso efficace ricorrere all'espediente di un confronto portato nel dominio di fatti più noti.

Così potremo dire che la cellula è l'elemento degli organismi come la parola è l'elemento logico del discorso, come la sillaba è l'elemento fonetico della parola, e la lettera alfabetica è l'elemento grafico. Se la parola è scomponibile in sillabe, queste non hanno significato e non sono quindi elementi logici; se le sillabe sono scomponibili in lettere queste si pronunziano però riunite in un unico suono; e se le lettere sono scomponibili in frammenti lineari, questi isolatamente non sono più segni grafici di alfabeto. E il parallelismo si può estendere anche alle eccezioni, perchè, se vi sono, per esempio, parole costituite di una sola lettera, esistono analogamente, come fu detto, organismi costituiti di una sola cellula.

---

(1) Alcuni zoologi avevano creduto, in passato, che i comuni *Bacteri* fossero organismi più semplici di una cellula e li avevano paragonati a quelle minutissime granulazioni che si osservano nel protoplasma cellulare; ma ricerche più recenti hanno dimostrato che sono invece delle cellule complete.

Il fatto che tutti gli organismi siano costituiti di cellule non fu riconosciuto in modo sicuro che nella prima metà del secolo scorso, ma esso ha rinnovato dalle fondamenta tutta la scienza biologica, ha determinato una vera rivoluzione nelle idee, ha preparato la via a un'infinità di altre importanti scoperte scientifiche.

Le continue indagini, sempre più approfondite, sulla struttura della cellula e sulle sue funzioni, hanno rivelato che questo minutissimo elemento anatomico, è di una straordinaria complicazione, una specie di *mondo vivente in miniatura*, con le sue divisioni regionali, con le sue molteplici e svariatissime attività, con i suoi progressi e con le sue decadenze, con il suo ineluttabile destino: infatti la cellula nasce e si nutre, e cresce e lotta, e si moltiplica, e si consuma e muore come tutto ciò che è nato. E siccome tutti questi fenomeni si presentano nella cellula con le loro più semplici manifestazioni, è qui appunto che possono essere studiati con maggiore efficacia: il diligente studio della cellula è presupposto indispensabile per intendere i processi vitali

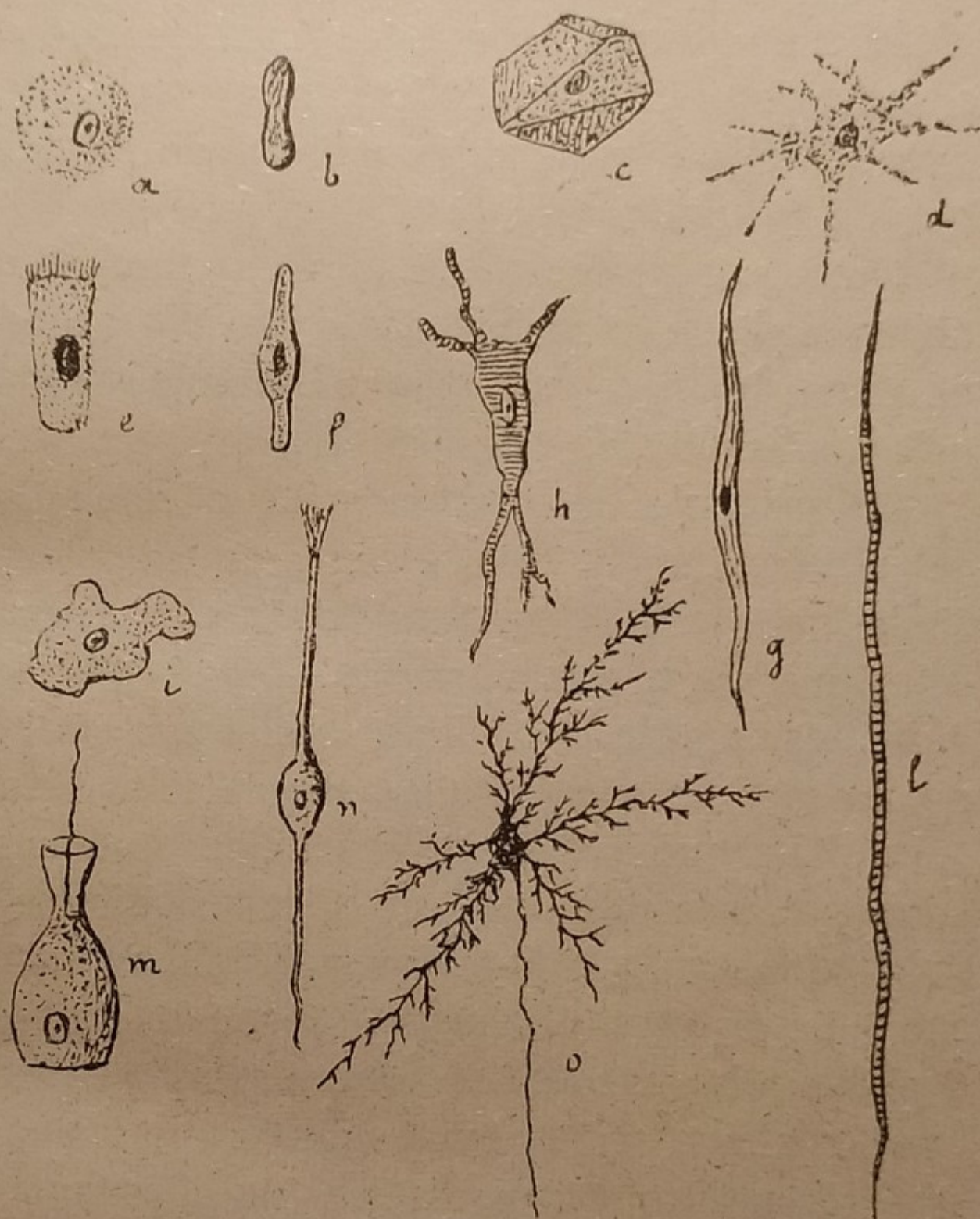



Fig 2 - Varie forme di cellule: *a*, tondeggiante (es. uovo di medusa); *b*, discoidale (corpuscolo rosso del sangue umano, visto di profilo); *c*, poliedrica (epitelio boccale); *d*, stellata (connettivo di medusa); *e*, cilindrica (epitelii intestinali); *f*, lenticolare (corpuscolo rosso di anfibio; *g*, *l*, fibrose (muscoli lisci e striati); *h*, irregolare (fibre del cuore); *i*, irregolare (leucociti del sangue); *m*, caliciforme (endotelio di spugna); *n*, affusolata (cellule olfattive); *o*, complicata (cellule dei centri nervosi).

di tutti gli organismi: ed è anche consigliabile in un corso elementare di zoologia o di botanica.

La cellula ha dimensioni variabili: eccezionalmente può essere visibile ad occhio ed anche abbastanza grande (per es. in certe uova), ma di regola è microscopica e si misura a *micromillimetri* (millesimi di millimetro).

Anche la forma varia notevolmente: può essere tondeggiante, elissoidale, cilindrica, caliciforme, discoidale, affusolata, poliedrica, stellata, e in altri modi ancora, e talora anche irregolarissima (vedi fig. 2).

Quando è molto sottile ed allungata tanto da avere un aspetto filiforme (il che succede assai spesso) prende il nome speciale di *fibra* (fig. 2, *g* ed *l*); per esempio, sono costituiti di fibre tutti i muscoli degli animali e gran parte del legno delle piante.

La *sostanza* di cui è formata la cellula, unica sostanza in cui si manifesti la vita, è estremamente complicata, e nel suo insieme prende il nome di *protoplasma*; si può, anzi, considerare la cellula come una porzione di protoplasma naturalmente individualizzata. Ma nell'interno della massa cellulare e negli spazii fra una cellula e l'altra si possono trovare delle sostanze speciali, prodotte dall'attività del protoplasma stesso, e che si sono poi rese, per caratteri fisici e chimici, molto diverse dalla rimanente sostanza fondamentale. Generalmente fu convenuto di specificare quest'ultima col nome di *citoplasma*, e di lasciare il nome più generico di protoplasma per indicare il tutto. Le varie sostanze differenziate dal protoplasma ed i varii corpi da esse formati sono poi distinti con altrettante denominazioni particolari, come ora vedremo.

Sulla *natura chimica* del protoplasma, per quanto siano state fatte innumerevoli e diligenti ricerche, si è ben lungi dal possedere conoscenze complete e definitive, e quel poco che si conosce è in gran parte irriducibile ad una trattazione elementare per istudenti che non conoscono la chimica. Si può dire soltanto che la massa mucillaginosa del protoplasma è formata da una speciale associazione di numerose sostanze chimiche, alla loro volta molto complesse, che in parte sono state isolate e riconosciute. Le più importanti sono prècisamente le più complicate, ed appartengono al gruppo chimico detto degli *albuminoidi*, perchè comprendono dei composti più o meno affini alla comunis-

sima albumina del bianco d'uovo; esse sono costituite essenzialmente di *Carbonio*, di *Ossigeno*, di *Idrogeno* e di *Azoto*, combinati in varia proporzione ed in vario ordine, con traccie di elementi accessorii, fra cui predominano lo *Zolfo*, il *Fosforo*, il *Ferro*. Questi albuminoidi sono allo stato cosidetto *colloidale*, ossia con un aspetto gelatinoso (a guisa di colla), e con le caratteristiche di non essere cristalizzabili nè volatizzabili; e di coagularsi sotto l'azione del calore. Oltre agli albuminoidi concorrono alla formazione del protoplasma delle sostanze più semplici, quali gli *Idrati di Carbonio*, costituiti di Carbonio, Idrogeno ed Ossigeno (per es. l'amido e la cellulosa), e gli *Idrocarburi*, costituiti soltanto di Carbonio ed Idrogeno (per es. le essenze vegetali); e finalmente l'*acqua* in proporzione fortissima, e parecchi *sali minerali* (di Calcio, Magnesio, Sodio, Potassio ecc.). Siccome tutti gli elementi che entrano in queste sostanze, e perfino alcuni dei composti colloidali, si possono anche trovare nei corpi inorganizzati, alcuni impenitenti materialisti vedono facile il passaggio tra il regno minerale e quello dei viventi, e sperano di veder realizzato un giorno o l'altro il loro sogno di ridurre il fenomeno vitale ad un semplice meccanismo, cioè ad un semplice giuoco di forze fisico-chimiche. Ma se anche riuscissero a trovare tutti i componenti del protoplasma e a fabbricarli artificialmente, non giungerebbero mai a ricomporli in una unità vivente, senza aver prima scoperto l'ordine caratteristico della speciale unione. Il mistero della vita non è nella singolare natura della materia, ma nella forma di energia che v'interviene. In ultima analisi la sostanza vivente, ridotta ai suoi atomi, non risulterebbe diversa da quella inorganica o minerale, perchè gli elementi che sopra abbiamo nominati sono tutti comuni anche ai corpi inorganici. Quello stesso maraviglioso congegno che è il nostro cervello, sotto l'aspetto puramente materiale, non ha proprio nessun privilegio che possa giustificare le sue alte funzioni intellettuali e morali: analizzandolo chimicamente lo troveremmo fatto di *Carbonio*, di *Ossigeno*, di *Idrogeno*, di *Azoto*, di *Fosforo*, di *Zolfo* e di qualche altro elemento secondario, come una delle pietre più volgari che calpestiamo con indifferenza ad ogni passo del nostro cammino. Bisogna dire finalmente anche ai nostri giovani alunni che l'anima non è materia da crogiuolo chimico nè da microscopio, ed aggiungere che con

questa affermazione non si vuol svalutare la nostra scienza, ma circoscrivere il suo ampio dominio, pur riconoscendo i suoi molteplici rapporti con le altre scienze di osservazione e di esperimento, e il suo prezioso contributo iniziale allo studio dei problemi dell'anima che è argomento particolare di più elevate discipline scientifiche (*Psicologia*).

Il *citoplasma*, o protoplasma fondamentale della cellula, non è a struttura omogenea, ossia non è di uguale aspetto in tutti i punti della sua massa, ma è più o meno denso e si presenta in complesso spugnoso come una schiuma o un'emulsione.

Questa struttura può del resto variare non solo da una cellula all'altra ma anche nei diversi periodi vitali di una stessa cellula.

L'aspetto tipico è quello di una rete di sostanza più densa, più rifrangente, più penetrabile alle colorazioni artificiali, e conformata a minutissime fibrille; rete che racchiude nelle sue maglie una sostanza predominante amorfa, o anche a minutissimi granuli, meno densa, meno rifrangente e generalmente refrattaria alle colorazioni. La massa complessiva del citoplasma è interrotta spesso da piccole cavità (vacuoli) che possono essere piene di acqua, o di succhi speciali, e variare di forma e di posizione (vedi fig. 3).

Fig. 3. - Cellula tipica (schema) *a*, membrana cellulare; *b*, vacuolo; *c*, citoplasma; *d*, membrana nucleare; *e*, nucleo; *f*, nucleolo; *h*, centrosoma.

All'esterno della cellula il citoplasma si differenzia in modo da formare una *membrana* che pare non manchi in nessuna cellula, ma che certo è relativamente assai più riconoscibile, perchè più spessa e più trasformata, in certe cellule, e assai meno in altre: di solito è molto permeabile all'acqua ed alle soluzioni, talvolta invece lo è pochissimo.

Nell'interno della cellula, e più comunemente verso il centro, vi è quasi sempre una massa notevole di protoplasma molto differenziato, più denso e più rifrangente del citoplasma pro-

priamente detto: è il *nucleo* della cellula, il quale ha un valore funzionale rilevantissimo, come vedremo.

Il *nucleo* può essere rivestito da una sua particolare membrana, ed è essenzialmente costituito di una sostanza che si chiama con nome generico *nucleina*, ma che in realtà è un insieme di sostanze diverse complicatissime e tuttora mal note chimicamente: per il diverso modo di comportarsi rispetto ai reagenti coloranti si distinguono nella massa nucleare due principali sostanze che si chiamano rispettivamente *cromatina* ed *acromatina* (o *linina*), perchè la prima si colora facilmente e la seconda no. Quest'ultima, vista a fortissimo ingrandimento, appare disposta come un fitto reticolo di fili contenenti nel loro interno un infinito numero di piccolissimi granuli allineati lungo il percorso dei fili stessi (vedi fig. 10, i); sono appunto granuli di cromatina che hanno molta importanza nei fenomeni di moltiplicazione. Negli spazii lasciati liberi da queste due sostanze trovasi un liquido particolare detto comunemente *succo nucleare* o *enchilema*.

Il nucleo, che è solitamente globoso e collocato verso il centro della cellula, può assumere forme diverse (affusolata, a bastoncino diritto o ricurvo, a ramificazione, ad anello, ecc.), e può spostarsi verso la periferia.

Talvolta può anche presentarsi diviso in due o più parti di diversa grandezza; e può anche darsi che manchi un ammasso centrale e che vi siano soltanto i granuli di cromatina distribuiti indistintamente in tutto il citoplasma; in questi casi è facile essere tratti all'errore d'interpretare la cellula priva di nucleo.

In mezzo al nucleo vi è solitamente un piccolo corpo globoso e più rifrangente ancora che si chiama *nucleolo;* talora invece di uno solo ve ne sono due o parecchi.

Bisogna notare che quanto si è detto finora vale per il nucleo allo stato di quiete, ma quando la cellula sta per moltiplicarsi si effettuano nel nucleo stesso molte e complicate trasformazioni.

Un altro minutissimo corpuscolo sferico (da non confondersi col nucleolo) è collocato nel citoplasma che immediatamente circonda il nucleo; tale corpuscolo, che si chiama *centrosoma*, ha una grande importanza nei fenomeni della moltiplicazione della cellula; anzi qualcuno pensò che esso non fosse un elemento

stabile della celluta, ma che apparisse soltanto nel periodo della riproduzione.

Sembra ora che sia stato riconosciuto anche in cellule che non hanno nemmeno l'attitudine di riprodursi, e l'incertezza dipende dalla sua estrema piccolezza.

Fig. 4. - Formazione della centrosfera

Ma quando la cellula si accinge alla moltiplicazione si forma intorno al centrosoma una zona di protoplasma (*centrosfera*) diverso dal rimanente, e attraversato da un gran numero di filamenti esilissimi disposti a raggiera (*aster*); cosicchè quel minuscolo corpicciolo appare come un centro di attrazione e di attività nella vita della cellula (vedi fig. 4); e siccome fra i primi suoi atti è quello di sdoppiarsi, così avviene che nelle cellule in riproduzione si parli sempre di *due* centrosomi.

Oltre le parti ora descritte, che sono quelle che comunemente si riscontrano in tutte le cellule, non si devono trascurare quelle che sono proprie di certe cellule soltanto, ma che quando vi sono hanno pure importanza notevole. Si tratta specialmente di appendici protoplasmatiche di varia forma e grandezza, e di rivestimenti solidi di varia natura.

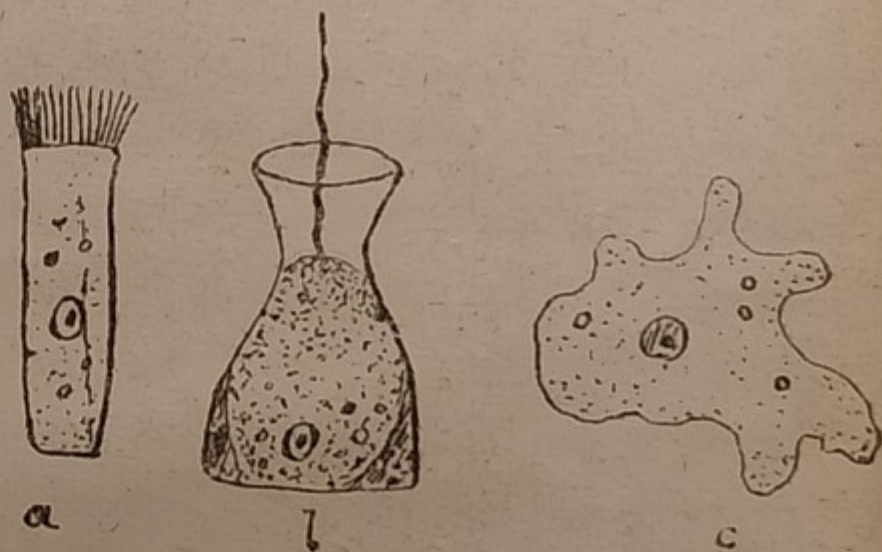



Fig. 5 - Appendici della cellula dei tessuti.

Quando alla periferia della cellula il protoplasma dà luogo a numerose ed esilissime appendici a guisa di brevi filamenti che sono dotati di moto vibratorio, la cellula si dice ciliata e le appendici hanno appunto il nome di *ciglia*; quando invece le appendici sono ridotte a pochissime o ad una soltanto, ma sono in compenso molto più lunghe e più grosse allora si dicono *flagelli*; e se sono parecchie, più o meno ampie, irregolari ed instabili, formano i cosidetti *pseudopodi* (v. figura 5).

Rare nelle cellule dei tessuti, queste appendici sono invece comunissime nelle cellule liberamente viventi, ossia in quelle

che costituiscono organismi autonomi (es. Protozoi — v. fig. 6).

I rivestimenti solidi protettivi o *gusci*, indipendenti dalla

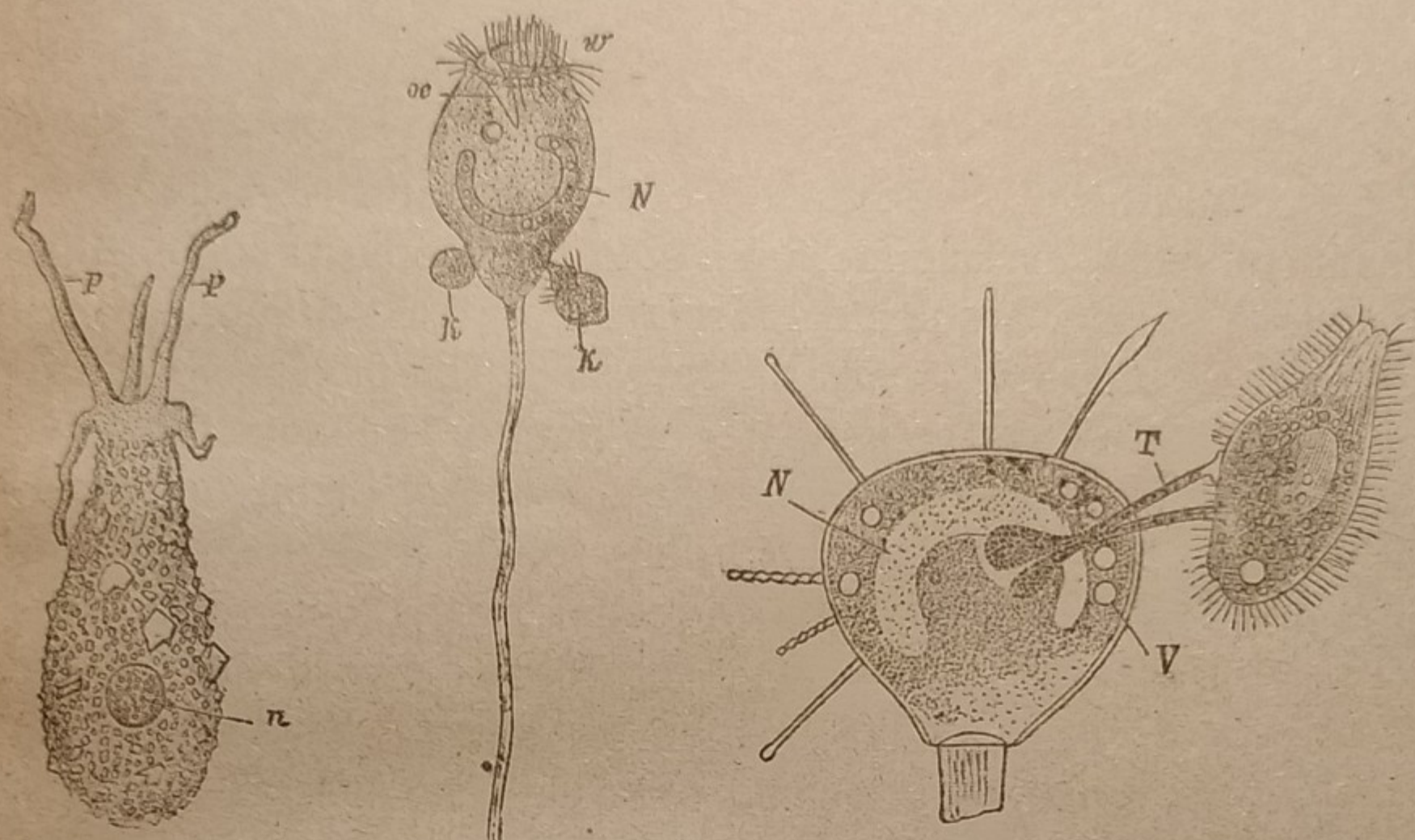



Fig. 6. - Varii tipi di appendici protoplasmatiche nei Protozoi: *a*) un Prizopodo (*Difflugia*), *b*) un Ciliato (*Vorticella*), *c*), un'Acineta catturante con i tentacoli un piccolo Ciliato.

membrana cellulare, non si trovano per solito che nelle cellule libere e sono di natura calcarea o silicea, e risultanti dalla riunione di moltissime particelle a forma più o meno regolare e a disposizione svariata, spesso geometrica ed elegante (fig. 7).

Fig. 7. - Guscio di radiolario (Heliosphaera).

Ricordiamo finalmente che qui abbiamo preso ad esaminare in particolar modo la *cellula animale*, e che se avessimo ad estendere la descrizione a quella *vegetale* dovremmo notare speciali caratteri di struttura, pur restando invariato lo schema generale.

Osserveremo soltanto che in genere la cellula vegetale è più grande, che è rivestita di una membrana al tutto speciale, formata di una sostanza ca-

ratteristica detta « cellulosa », e più ricca di corpuscoli differenziati nella massa protoplasmatica (*plastidi*).

* * *

La cellula ha la capacità di compiere tutte le *funzioni* essenziali alla vita, ma quando in un solo organismo vi sono cellule di diversa specie, associate a formare tessuti ed organi varii, si verifica una *divisione di lavoro*, per cui le singole specie di cellule si adattano particolarmente ad una determinata funzione. Non mancano esempi di cellule speciali che si distinguono nettamente in due parti, ognuna delle quali è adattata ad una particolare funzione (per es. le cellule epitelio-muscolari dei Nematodi v. fig. 8). Riparleremo delle funzioni della cellula quando tratteremo dei tessuti; qui intanto vogliamo osservare che speciali attitudini funzionali sono caratteristiche delle singole parti della cellula. Così la membrana è atta a tener raccolta e protetta la molle e delicata sostanza interna; il citoplasma attende specialmente allo scambio di materia con l'ambiente; il nucleo e il centrosoma alla funzione riproduttiva; le varie appendici protoplasmatiche ai movimenti parziali o totali. Quanto alla funzione del nucleolo è rimasta finora indeterminata.

Fig. 8. - Cellula epitelio-muscolare di un Nematode.

Le due funzioni fondamentali della vita, che sono la nutrizione e la riproduzione, meritano di essere particolarmente esaminate anche nella semplice cellula dove hanno le loro primitive ed essenziali manifestazioni.

Per nutrirsi, ogni organismo deve introdurre nel proprio corpo delle sostanze del mondo esterno, poi per reazioni chimiche più o meno complesse deve assimilarle, ossia trasformarle in sostanze simili a quelle di cui esso stesso risulta, e finalmente deve espellere in qualche modo i prodotti di rifiuto che si sono formati in quelle reazioni chimiche. Ora, una cellula può nutrirsi di sostanze gasose, liquide o solide: i gas ed i liquidi penetrano coi noti processi meccanici di *diffusione* o di *osmosi*; i solidi sono invece *inglobati* nella massa citoplasmatica mediante particolari movimenti della cellula che sono più caratteristici

del mondo animale, anzi delle cellule autonome, ossia libere e non incorporate nei tessuti. Quando per esempio, una qualche *ameba* (Protozoi) oppure qualche leucocito (cellule bianche del sangue) vengono a trovarsi vicino ad un corpuscolo che possa servir loro di nutrimento, il protoplasma cellulare si protende verso il corpuscolo stesso circondandolo gradatamente con le sue propaggini finchè lo abbia del tutto racchiuso nella propria massa; allora s'iniziano quei complicati processi chimici di digestione che ci sono tuttora ignoti, ma che tendono ad utilizzare tutta la sostanza assimilabile del corpuscolo e ad eliminare l'inutile mediante movimenti cellulari che si effettuano in ordine inverso a quello ora indicato per l'inglobamento. L'unita figura 9 mostra precisamente un'ameba nelle varie fasi di questo processo di nutrizione.

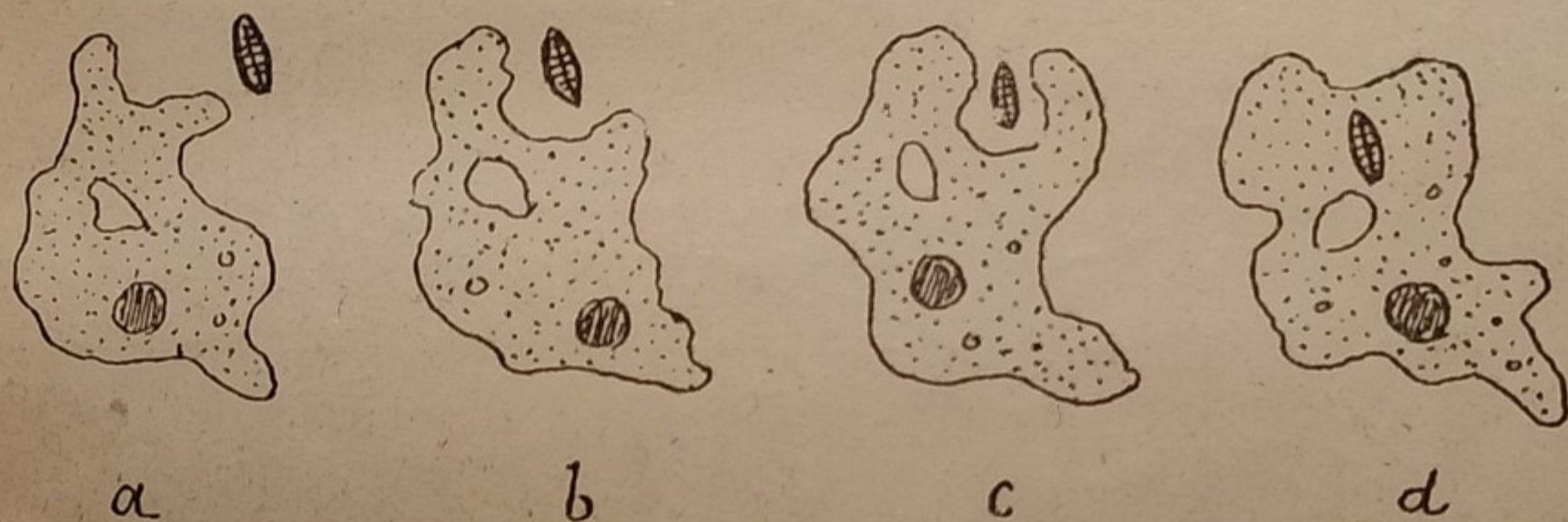



Fig. 9. - Un'ameba che ingloba un corpuscolo.

L'importante fenomeno della riproduzione cellulare, che è il mezzo per cui si formano i tessuti e per cui gli organismi provvedono alla propagazione e alla conservazione della specie nello spazio e nel tempo, consiste essenzialmente nell'attitudine che ha la cellula, quando è giunta ad un determinato grado di sviluppo, di dividersi in due o più parti uguali o diverse, mediante modificazioni più o meno graduali e profonde, che si verificano in tutta la massa della cellula, e in modo particolare nel centrosoma e nel nucleo.

In qualche raro caso la cellula si riproduce per una divisione *diretta* del nucleo con un processo che appare relativamente molto semplice: il nucleo si allunga strozzandosi nel mezzo progressivamente fino a dividersi in due parti, senza che si possano scorgere nella sua intima struttura delle modificazioni notevoli; la massa del citoplasma si accumula poco per volta

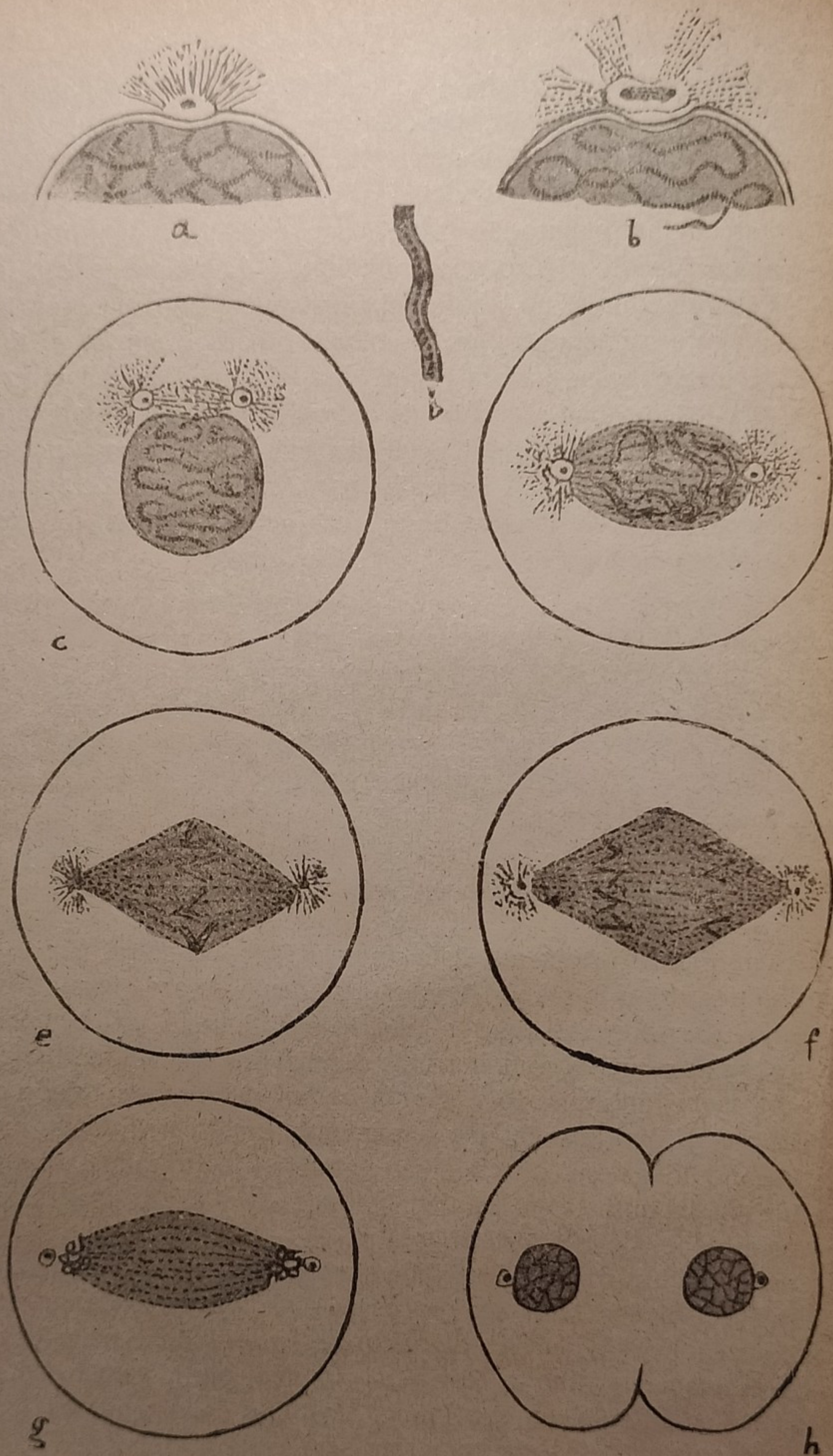



Fig. 10. - Fenomeni di cariocinesi
(figure schematiche riassuntive) vedi spiegazione nel testo.

intorno alle due parti del nucleo determinando conseguentemente una strozzatura nel mezzo della cellula, che finisce pure per dividersi completamente in due parti ossia in due nuove cellule col proprio nucleo.

Ma nella maggior parte dei casi la divisione del nucleo avviene in modo *indiretto*, ossia per *mitosi* o *cariocinesi* (1).

Il complicato processo di cariocinesi s'inizia con due fenomeni caratteristici: lo sdoppiamento dei centrosomi e delle rispettive centrosfere; la disposizione della rete nucleare in un filo continuo raggomitolato, nel cui spessore i granuli di cromatina fusi insieme formano pure una linea continua (vedi fig. 10, *b*, *i*). Gradatamente il filamento si fa più spesso e più breve, si dispone ad anse più regolari, si spezza in parecchi frammenti (detti *cromosomi*), che si dividono poi longitudinalmente in due fili paralleli ed avvicinati (fig. 10, *c*, *d*); frattanto i due centrosomi si portano ai poli opposti della cellula con le rispettive centrosfere, e tra l'uno e l'altro appaiono nel citoplasma delle sottili striature disposte in un fascio fusiforme, mentre i cromosomi si piegano a *V* e si dispongono in una cosidetta *piastra equatoriale* in mezzo alla cellula (fig. 10, *e*). In una fase successiva i due fili paralleli in cui si divide longitudinalmente ogni cromosoma si allontanano l'uno dall'altro e vanno a portarsi verso i poli della cellula dove sono i centrosomi, formando una specie di stella attorno a ciascuno di questi (fig. 10, *f*). Allora i cromosomi delle singole stelle si riuniscono di nuovo fra di loro e formano due nuovi fili continui, ossia due distinti gomitoli nucleari ai poli della cellula (fig. 10, g). Finalmente i due gomitoli riprendono ognuno la forma reticolare tipica del nucleo in riposo e si rivestono di una propria membranella, mentre i fili citoplasmatici che formano il fuso scompaiono, e tutta la cellula, addensando il protoplasma attorno ai due nuovi nuclei, si strozza nel mezzo e gradatamente si divide in due.

Questi maravigliosi fenomeni, che si svolgono nel breve spazio di una o due ore, formano ora l'oggetto di molti studi pazienti e profondi, destinati a risolvere o almeno a semplificare e a chiarire, *sotto l'aspetto meccanico*, ardui problemi della vita animale, quelli soprattutto che riguardano l'ereditarietà e la variabilità dei caratteri. Un rapido accenno, anche nel nostro insegnamento, potrebbe

---

(1) Descrivo in carattere minuto i fenomeni di *cariocinesi* perchè, pur essendo di capitale importanza nella vita della cellula, possono rappresentare una complicazione forse eccessiva per l'insegnamento secondario, almeno in alcuni rami; e lascio la sua trattazione all'arbitrio dei singoli insegnanti. Osservo che *mitosi* trae da *mitos* (greco di *filo*, intreccio); e *cariocinesi* da *karyon* (= nucleo) e *chinesis* (= *movimento*).

servire se non altro ad affermare il concetto della complessità della cellula e a dimostrare il valore delle ricerche microscopiche.

Indipendentemente dalla divisione diretta o indiretta del nucleo, vi sono varii modi di riproduzione cellulare, che si distinguono per il diverso comportamento della cellula nel suo complesso.

Nella massima parte dei casi la riproduzione avviene per *scissione*, ossia per divisione definitiva della cellula in due nuove cellule pressapoco uguali; è la riproduzione normale delle cellule dei tessuti.

Nelle cellule liberamente viventi (ossia negli animali e nelle piante unicellulari) la riproduzione può anche avvenire in altri modi: *a*) per *gemmazione*, se alla periferia della cellula si formano (con l'interessamento del nucleo) delle piccole protuberanze che poi crescono e si completano in altrettante cellule, potendo restare riunite e formare delle colonie, o staccarsi e diventare individui liberi; *b*) per *sporogonia*, se il nucleo e il citoplasma si suddividono dentro la cellula in tante parti che poi crescono, rompono la membrana della cellula madre così distrutta, mentre esse vengono fuori costituendo delle *spore*, che in seguito si trasformano in altrettante cellule; *c*) per *coniugazione* o *zigosi*, se a spese di due cellule uguali, che vengono a contatto e confondono il loro contenuto, si forma una cellula nuova o *zigote* (1).

Evidentemente quest'ultimo caso rappresenta un passaggio alla *riproduzione sessuale*, che è più caratteristica degli organismi superiori, o, per meglio dire, di alcune loro cellule destinate appunto a questa specifica funzione, e che consiste nell'unione di due cellule diverse (*gameti*), una delle quali (femminile) viene ad acquistare, solo per il contributo diretto dell'altra (maschile), la proprietà di moltiplicarsi in modo analogo a quello della comune scissione. In contrapposto a questa modalità sessuale o *gametica*, tutte le altre complessivamente si dicono *asessuali* od *agamiche*.

---

(1) Alcuni intendono per coniugazione anche l'unione di due cellule diverse, e allora chiamano *isogamia* il caso dell'uguaglianza delle cellule riproduttrici, ed *eterogamia* il caso delle due cellule diverse.

Associazioni cellulari. — Sappiamo già che le cellule possono vivere tanto *isolate* quanto *associate;* ma, contrariamente a quanto si potrebbe credere a tutta prima, non è sempre facile decidere se un organismo sia elementare od associativo, perchè esistono anche qui, come in tutti i fenomeni naturali dei passaggi insensibili, delle transizioni. Non abbiamo già notato la grande difficoltà di separare gli animali dalle piante, e perfino i viventi dai non viventi? Non abbiamo visto or ora, a proposito della riproduzione, come si abbia nella *zigosi* una specie di passaggio tra la forma agamica e la gametica? Numerose altre prove di questa *universale continuità di forme e di fenomeni*, troveremo in seguito; qui intanto osserviamo che vi sono fra gli organismi inferiori microscopici, e anche fra i tessuti degli organismi superiori, delle forme strane che appaiono costituite da una massa protoplasmatica indivisa, ossia senza pareti cellulari visibili, ma che presentano invece molteplicità di nuclei e ripetizioni di parti, in modo da dimostrare più o meno evidentemente un'avvenuta *fusione di cellule*. Ne troviamo esempi sicuri in certi *Mixomiceti* (generalmente compresi dai botanici tra i Funghi, ma che meglio possono considerarsi come Protisti) che in determinate circostanze della loro vita si uniscono ap-

Fig. 11. - Plasmodio di un mixomiceto.

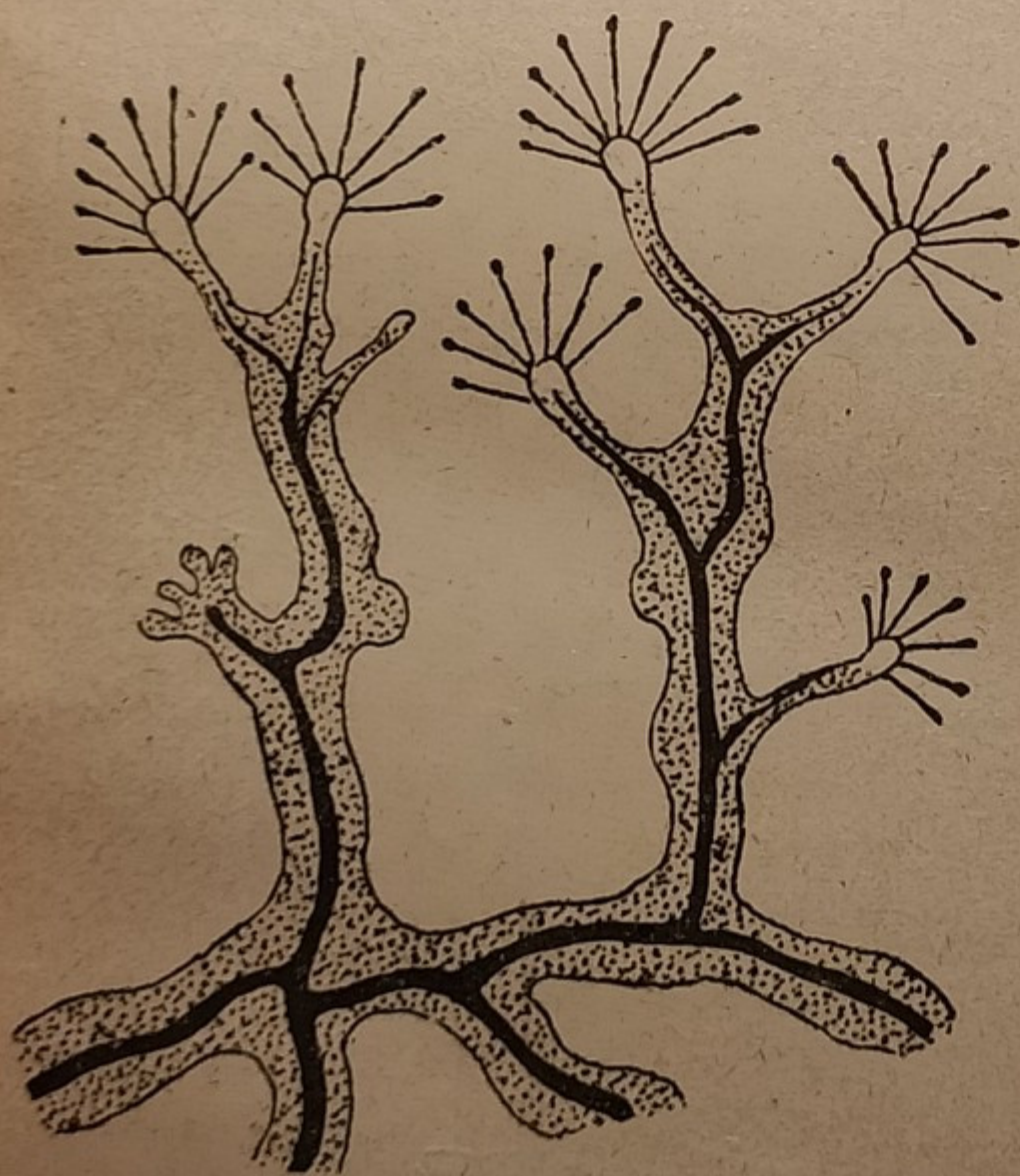



Fig. 12. - Sincizio di Acinete con nucleo unico ramificato.

punto in gruppi più o meno numerosi, confondendo i loro corpi unicellulari in una massa protoplasmatica unica (detta *plasmodio*), ma lasciando i nuclei distinti (vedi fig. 11). Altri esempi consimili si possono trovare nelle *Acinete* (fig. 12) che sono certamente Protozoi, ma che presentano un nucleo unico, ripetutamente ramificato in corrispondenza di altrettanti rami della massa protoplasmatica (*sincizio*); mentre si possono riconoscere casi speciali di fusione di cellule nei tessuti degli animali più elevati, per es. nelle fibre muscolari striate del nostro corpo medesimo (v. cap. sui tessuti).

Fig. 13. - Connettivo cellulare di un embrione.

All'infuori di questi casi assai rari, le cellule possono associarsi in numero più o meno grande senza fondersi insieme ma restando soltanto avvicinate od anche ad immediato contatto.

Se tante cellule simili sono riunite tra loro in modo materiale e permanente, e si sono, per così dire, specializzate in una determinata funzione, perdendo l'attitudine per le altre, e quindi la possibilità di una vita autonoma, l'aggregato costituisce un *tessuto* (v. fig. 13), il quale alla sua volta non può vivere autonomo, e non forma che una semplice parte di un organismo complesso. Se cellule simili o anche dissimili. pur essendo riunite in modo materiale e permanente, conservano ancora una certa autonomia e costituiscono direttamente, col loro insieme, una specie di organismo multiplo, si ha allora una cosidetta *colonia* (v. fig. 14). Se poi non si tratta più di un contatto materiale ma solo di un avvicinamento, accompagnato da comunanza di vita, conservando le cellule un'autonomia quasi completa (che può anche permettere il loro allontanamento), l'aggregato costituisce una *società* (1).

Fig. 14. - Colonia di Vorticelle.

(1) Oltre alle *colonie* e alle *società* di organismi unicellulari, vi sono

E' superflno aggiungere che anche tra queste categorie vi sono delle forme intermedie, e che vi sono perfino dei casi in cui riesce difficile riconoscere se ci si trovi in presenza di uno o dell'altro tipo di associazione.

Varieta di tessuti animali. — Poichè quasi tutti gli animali (ad eccezione degli infimi Protozoi) sono costituiti di un numero sterminato di cellule che si distribuiscono in varii distinti tessuti secondo i rispettivi caratteri, è necessario che lo studio della cellula sia appunto seguito dallo studio dei tessuti, per procedere logicamente alla conoscenza della organizzazione animale.

Nel classificare i tessuti si tien conto ad un tempo della loro diversa struttura (carattere anatomico) e della loro diversa attitudine funzionale (carattere fisiologico).

Anatomicamente bisogna distinguere l'aspetto delle cellule da quello della *sostanza intercellulare* più o meno evidente. E qui è importante osservare che le cellule dei tessuti non sono mai con le loro pareti a contatto immediato e continuo, e che se anche non hanno un vero e proprio strato intermedio di sostanza intercellulare (prodotta dal protoplasma), hanno almeno in qualche punto delle piccolissime quantità di protoplasma tra parete e parete, che costituiscono i cosidetti *ponti protoplasmatici*, molto importanti fisiologicamente perchè spiegherebbero la coordinazione funzionale di tutte le cellule dell'organismo sotto la direzione del sistema nervoso.

Ciò premesso, potremo riconoscere quattro principali categorie di tessuti animali:

a) *Tessuti epiteliari*: sono tessuti superficiali rispetto ai singoli organi, cui rivestono di solito esternamente ed internamente (se sono cavi), a guisa di pellicole più o meno sottili, formate da un solo o da pochi strati di cellule quasi sempre regolari, strettamente avvicinate le une alle altre senza una vera sostanza intercellulare.

Si distinguono parecchie varietà di epitelii, e anzitutto: *e. semplice*, se costituito da un solo strato di cellule; *e. stratificato*, se costituito da più strati; poi: *e. pavimentoso*, se le

---

quelle di organismi pluricellulari più o meno elevati. I polipi di un *corallo* sono riuniti in modo da formare una colonia; le *formiche* e le *api* formano invece delle società, perchè i singoli individui non sono a contatto materiale.

cellule sono larghe e basse a guisa di piastrelle; *e. cilindrico*, se sono invece alte e strette; *e. vibratile*, se le cellule sono provviste di ciglia vibratili, *e. ghiandolare* se parte delle cellule

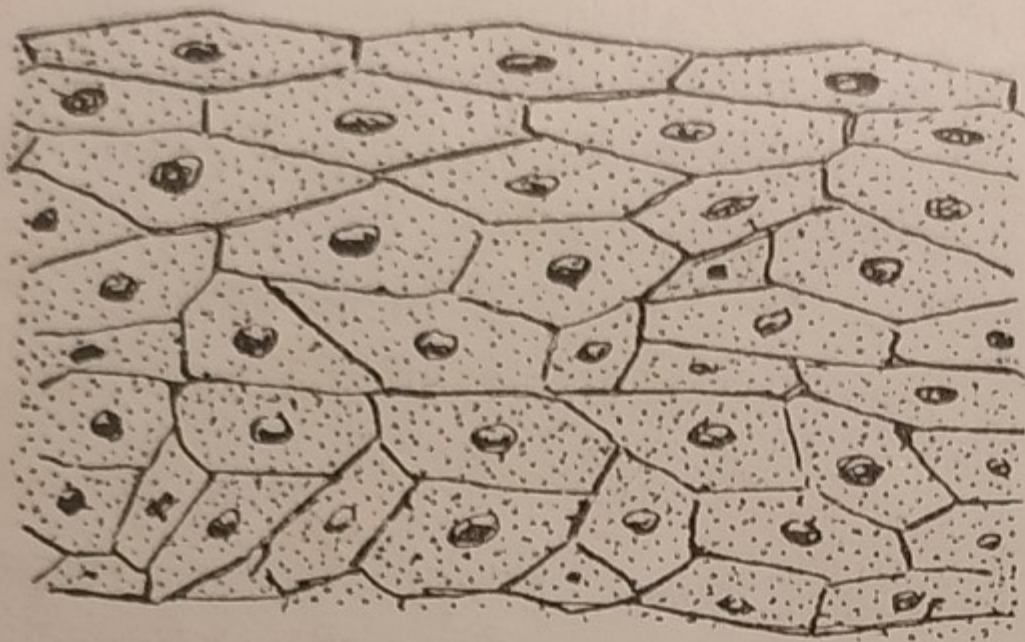



Fig. 15, *a*

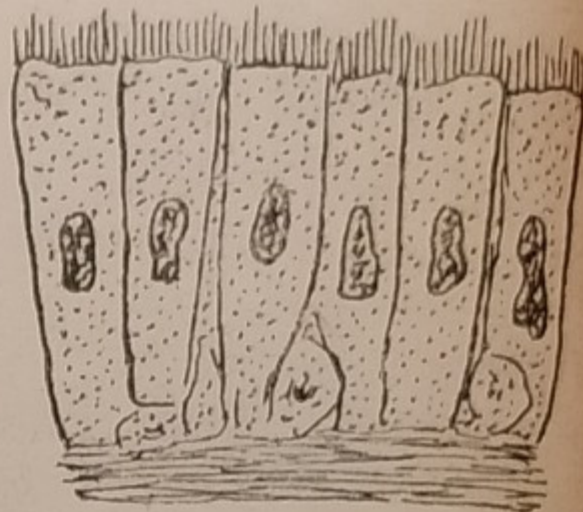



Fig. 15, *b*

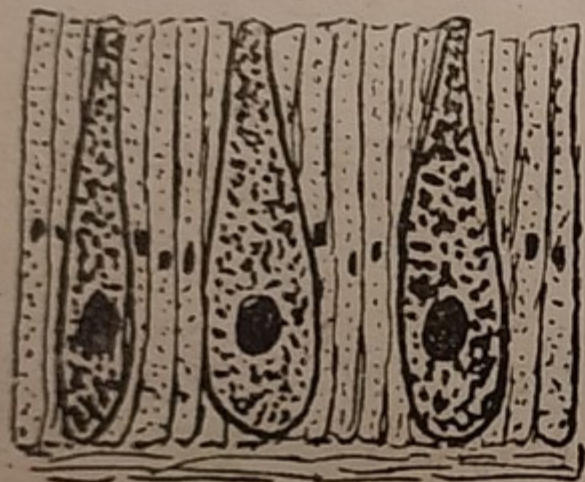



Fig. 15, *c*

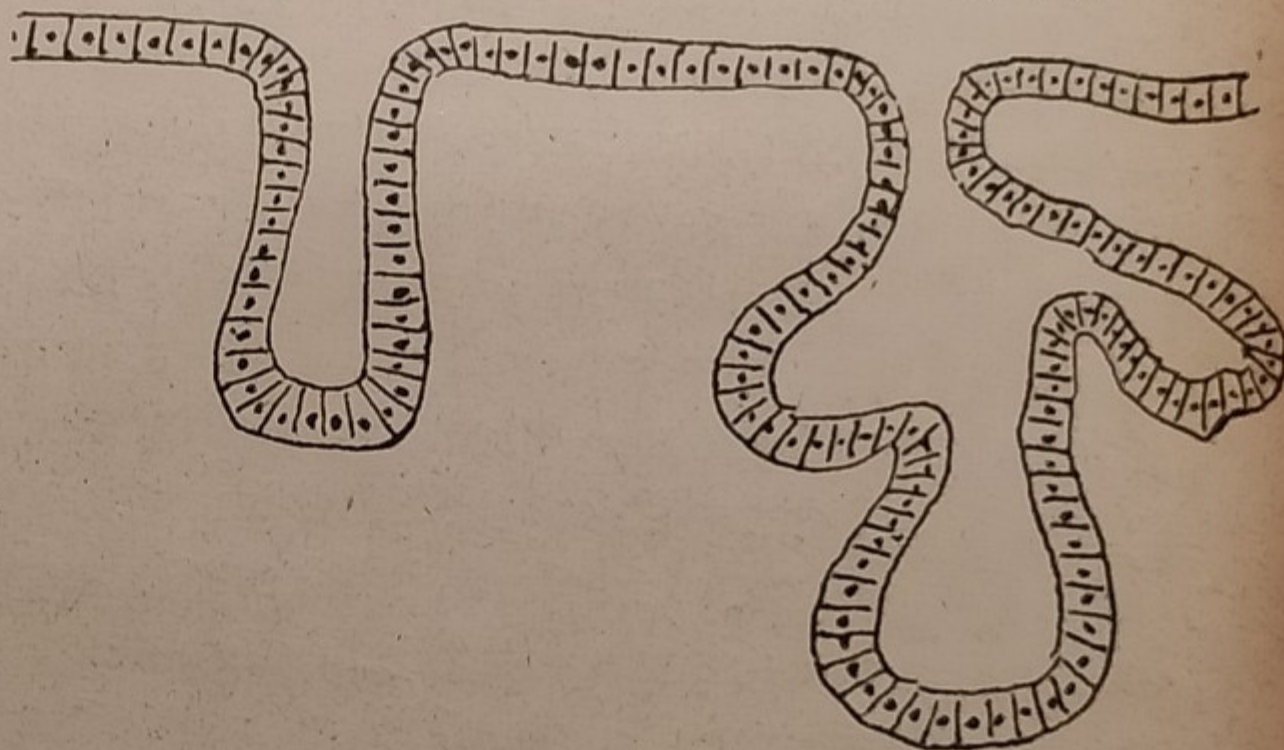



Fig. 15, *d*

Fig. 15. - Varii tipi di epitelio: *a*, epit. pavimentoso stratificato; *b*, ep. cilindrico, semplice, ciliato; *c*, ep ghiandolare semplice; *d*, ep semplice che dà luogo a introflessioni destinate a diventare ghiandole pluricellulari.

sono trasformate in ghiandole, ossia in piccoli organi capaci di elaborare e secernere liquidi speciali (fig. 15).

b) *Tessuti connettivi*: sono costituiti di cellule di forme varie, distanziate da spazii più o meno grandi, occupati da sostanza intercellulare; formano talora delle masse notevoli, e traggono il loro nome dal fatto che servono generalmente a connettere gli altri tessuti o i varii organi fra di loro.

Se ne distinguono moltissime varietà a seconda del diverso carattere delle cellule e della sostanza intercellulare; alcune varietà si scostano tanto dal tipo normale che possono anche essere considerate come tessuti speciali (p. es. il tessuto cartilagineo e il t. osseo). In tutti i connettivi ha grande importanza

la sostanza intercellulare, la quale può assumere parecchie strutture distinte e può anche dar luogo a produzioni di natura minerale, solide, dure e resistenti oltre la vita delle cellule.

Limitandoci alle varietà più importanti, distingueremo: 1º) un *connettivo cellulare* (fig. 13), formato da cellule comuni, sviluppate in modo pressochè uguale sulle tre dimensioni, e costituenti la parte preponderante del tessuto, perchè la sostanza intercellulare vi è scarsamente rappresentata; è il primo tessuto che si forma nella vita embrionale, e a sue spese si sviluppano poi gli altri tessuti che gradatamente lo sostituiscono, sicchè negli animali a completo sviluppo non si trova più. 2º) un *connettivo fibrillare*, che è il più tipico della serie ed anche il più comune (fig. 16), e si distingue per avere rare cellule, per lo più allungate a fuso, separate da sostanza intercellulare abbondantissima con una propria struttura a fibrille (queste non sono cellule e non devono quindi essere confuse con le vere fibre, che sono invece cellule allungate); di questo connettivo esistono molte sotto-varietà, che differiscono non tanto per i caratteri delle cellule ma per le fibrille, e così abbiamo, per esempio, un connettivo fibrillare *lasso* se le fibrille non sono tanto fitte, uno fibrillare *compatto* in caso contrario, uno *reticolato* se le fibrille non sono tutte parallele ma incrociate tra loro, uno *elastico* se le fibrille sono molto sinuose, elastiche e resistenti per la sostanza speciale di cui sono fatte; un connettivo *adiposo* se ha grosse cellule contenenti sostanze grasse. 3º) un connettivo *cartilagineo* (v. fig. 17), che è ben caratterizzato, sia per la sostanza intercellulare, abbondante e rigida, contenente un composto

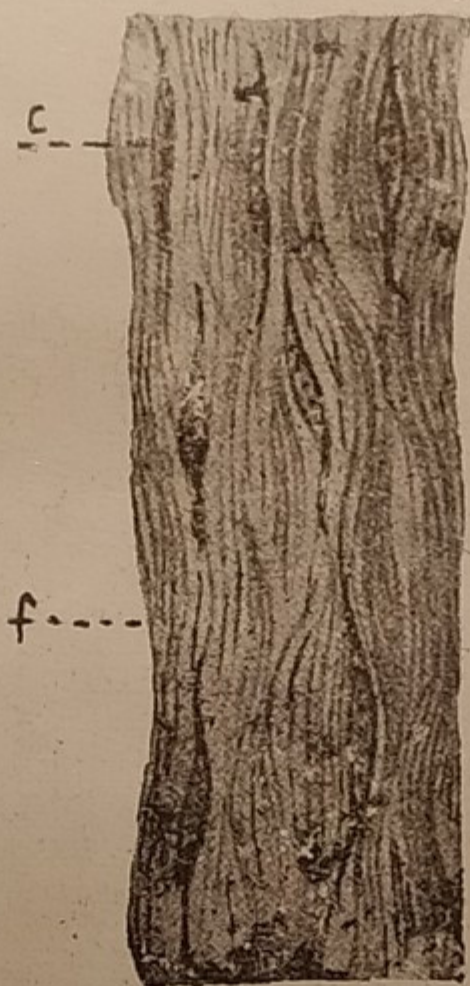



Fig. 16, *a*
Fig. 16, *a*. - Connettivo fibrillare tipico: *c*, cellule *f*, fibrille

Fig. 16, *b*
Fig. 16, *b*. - Aspetto delle fibrille nel connettivo elastico delle arterie.

chimico particolare detto *condrina* (di natura organica, perchè non si trova fuori degli esseri organizzati), sia per le sue cellule grosse; con nuclei molto evidenti, raggruppate di solito a due a due dentro capsule speciali isolate fra la sostanza intercellulare (alle volte una capsula non contiene che una sola cellula, altre volte invece nè può contenere tre e perfino quattro).

Fig. 17. - Schema di tessuto cartilagineo.

4° Un connettivo *osseo*, che è anche più differenziato in confronto coi connettivi tipici, presenta la sostanza intercellulare abbondantissima, disposta a strati concentrici, e costituita da uno speciale composto organico detto *osseina* (che dà all'osso una certa elasticità) e da varii sali calcari, fra cui specialmente il fosfato di calcio, che per essere di natura minerale rendono il tessuto molto duro e resistente oltre la vita dell'organismo; le cellule piccolissime sono disseminate isolatamente dentro speciali *lacune*, mentre numerose appendici protoplasmatiche delle cellule stesse s'insinuano dentro corrispondenti *canalicoli* che partono dalle lacune e si diramano in ogni senso riunendosi anche fra loro (v. fig. 18).

c) *Tessuto muscolare*. E' fatto esclusivamente di vere fibre, molto allungate e più o meno complesse, le quali hanno tutte l'essenziale caratteristica di una *contrattilità* che le rende bene adatte all'esecuzione dei movimenti. Vi sono due distinte categorie di tali fibre: quelle *liscie* e quelle *striate* (fig. 19, *a*, *b*). Le prime sono molto più semplici, non presentano che lievissime striature longitudinali, hanno un solo nucleo come tutte le semplici cellule, e sono di lunghezza relativamente mediocre in confronto alle striate. Queste invece, estremamente lunghe (nei mammiferi arrivano anche a parecchi centimetri), presentano evidentissime striature longitudinali e anche trasversali, ed hanno inoltre parecchi nuclei che rivelano la loro qualità di *sincizii* (fusioni di più cellule); ogni fibra si può infatti suddividere in tante fibrille longitudinali e in tanti dischetti trasversali, il cui complesso è chiuso dentro una membranella superficiale, o *sar-*

colemma, comune a tutta la fibra. Tante fibre si riuniscono in *fascetti*, tanti *fascetti* in *fasci maggiori*, finchè tanti di questi, rivestiti e tenuti insieme da una membranella connettivale sottilissima, detta *perimisio esterno*, formano un muscolo. Le di-

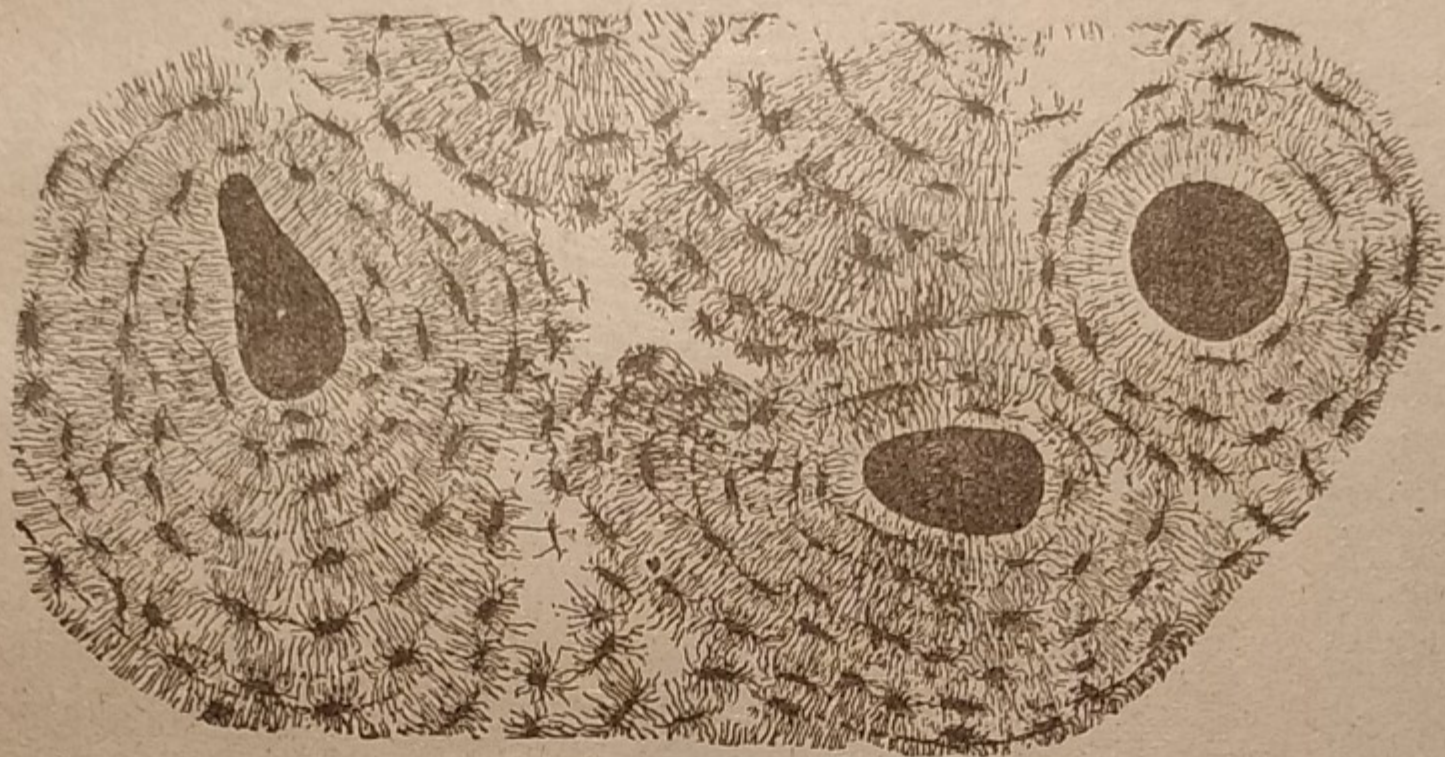



Fig. 18. *a*. - Tessuto osseo in sezione trasversa; i grossi spazii neri sono, in sezione, i cosidetti canali di Havers, per cui passano piccoli vasi sanguigni e filamenti nervosi.

ramazioni del perimisio esterno, che penetrano in mezzo ai fasci e ai fascetti rivestendo anche questi formano il *perimisio interno*.

E' da notare che la muscolatura degli animali inferiori, in genere, non è fatta che di fibre liscie, le quali servono quindi per tutti i movimenti, mentre gli animali superiori, che hanno fibre delle due specie, dividono il lavoro, riservando le fibre striate ai movimenti *volontarii*, e lasciando alle liscie quelli *involontari*. Solo fa eccezione il cuore, che ha fibre striate pur avendo movimenti involontarii; ma le fibre del cuore hanno caratteri al tutto speciali (v. fig. 20), poichè sono relativamente brevi, senza sarcolemma, con un nucleo solo, e spesso con le loro estremità bifide o trifide.

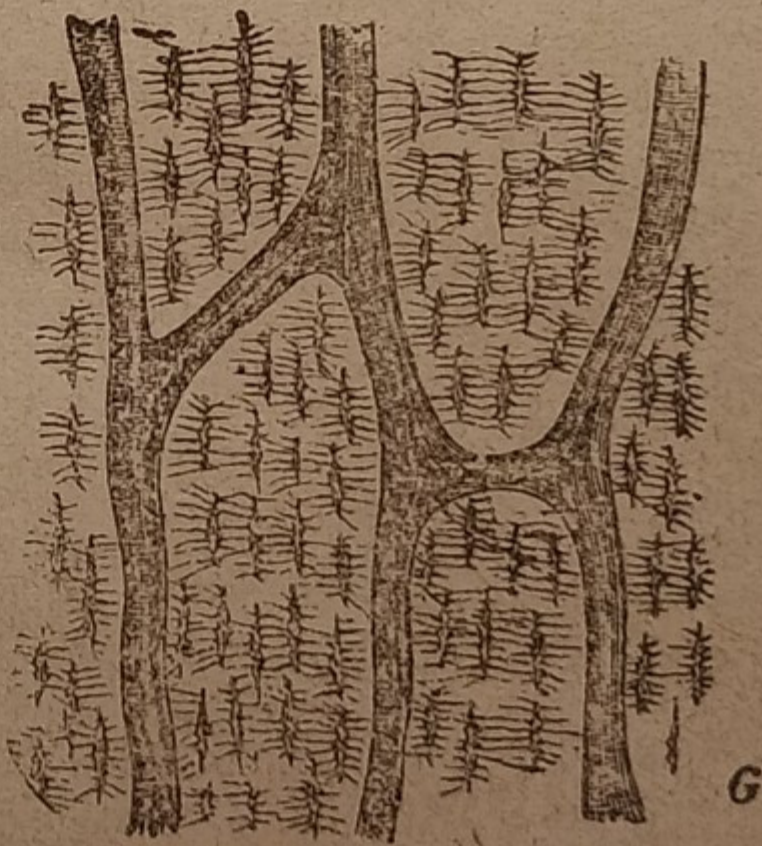



Fig. 18. *b*. - Tessuto osseo in sezione longitudinale; i canali di Havers si vedono appunto longitudinalmente.

d) *Tessuto nervoso.* E' formato di cellule e di fibre nervose propriamente dette, oltrecchè di altre cellule particolari in-

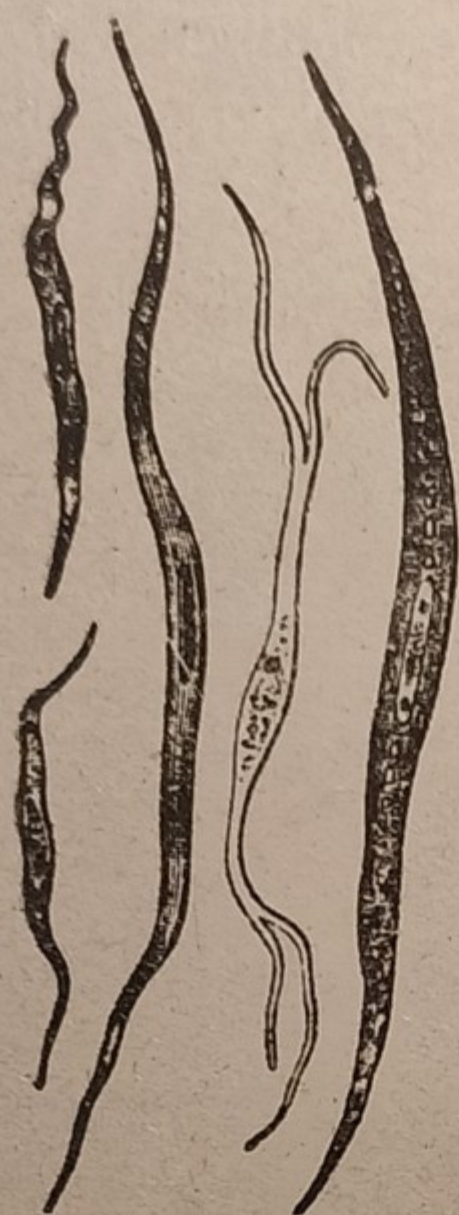



Fig. 19, *a*. - Fibre muscolari lisce isolate.

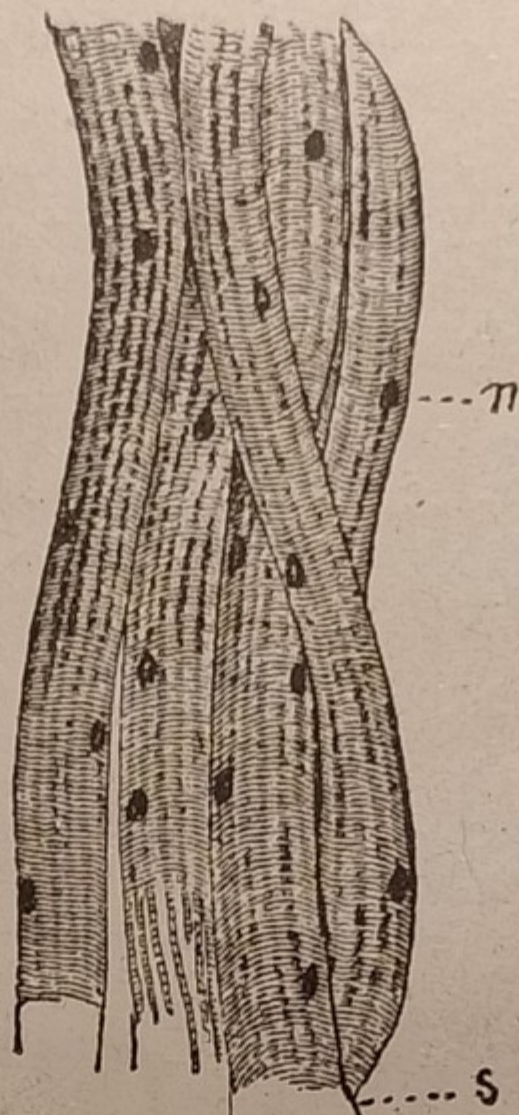



Fig. 19. *b*, - Fibre muscolari striate: *n*, nuclei, *s*, sarcolemma.

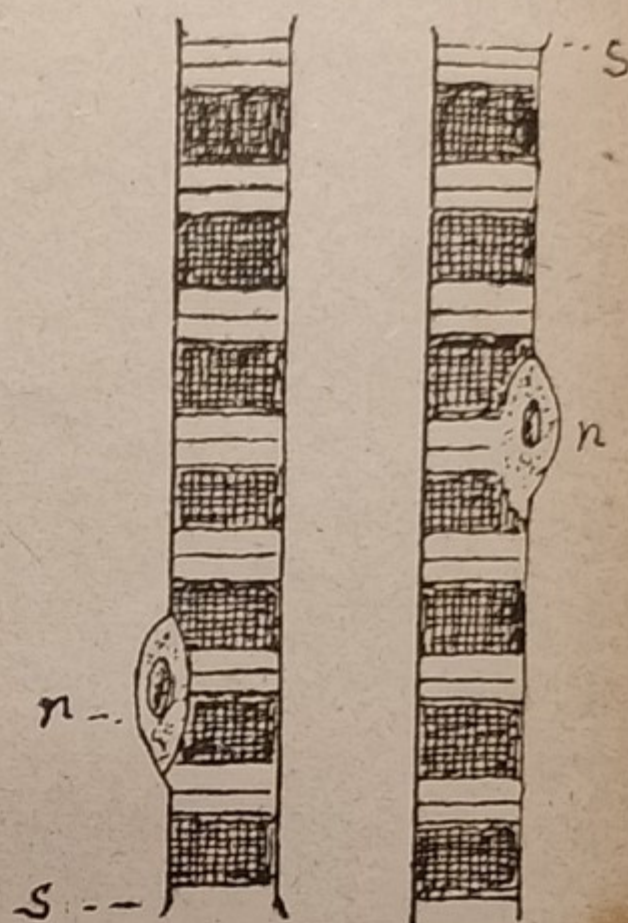



Fig. 19. *c*, - Due frammenti di fibrille isolate, con le zone chiare e scure alternate e con i nuclei superficiali.

terposte, che costituiscono come un tessuto distinto, detto *nevroglia*, di cui parleremo a parte. La *cellula nervosa* (detta anche *gangliare*) è generalmente grossa e provvista di nuclei vistosi; è a contorni irregolari, e presenta appendici varie di numero, di forma e di lunghezza (*dendriti*), che possono anche ramificarsi in modo complicatissimo; una di queste appendici, detta *neurite* o *prolungamento di Deiters*, è d'indefinita lunghezza perchè va a continuarsi insensibilmente con l'asse di una fibra (1). La *fibra nervosa*, lunghissima e sottile, presenta un asse centrale protoplasmatico detto *cilindrasse*, e attorno a questo uno o più involucri concentrici di speciali sostanze. Vi sono parecchi tipi di cellule e di fibre, non solo nei diversi animali ma anche nelle diverse parti del sistema nervoso di uno stesso

Fig 19. *d*, - Fibra striata in sezione trasversa si vedono le sezioni (delle fibrille singole).

(1) Per il fatto che la cellula e la fibra nervosa sono in diretta continua-

animale. Allo stato embrionale la cellula nervosa è priva di appendici, ma allo stato adulto ne ha almeno una, e più spesso due o anche molte, variamente e ripetutamente ramificate come si è detto (vedi fig. 21). In quanto alle fibre bisogna osservare che qualche volta il prolungamento di Deiters della cellula è privo di guaine, e continuando per lungo percorso forma una cosidetta *fibra nuda*, che in realtà non è possibile distinguere dal prolungamento stesso. Ma se esistono intorno a questo delle guaine (v. fig. 22), allora la fibra riesce individualizzata, e dal punto in cui cominciano le guaine, il prolungamento di Deiters diventa precisamente il cilindrasse della fibra. Vi possono essere due specie di guaine: una, detta *neurilemma* o *guaina di Schwann*, è come una sottile pellicola di protoplasma poco differenziato che presenta tratto tratto nel suo spessore dei caratteristici *nuclei*, nonchè delle strozzature ad anello che la dividono in tanti segmenti; un'altra invece è fatta di una particolare sostanza (*mielina*) molto differenziata dal solito protoplasma, ma omogenea e priva di nuclei; è la cosidetta *guaina midollare*. In certe fibre si trova unicamente la guaina di Schwann (fibre amidollate), in altre la sola guaina midollare (fibre midollate), in molte poi le due guaine ad un tempo, una concentrica all'altra, restando sempre all'esterno quella di Schwann (fibre a doppio contorno). Il protoplasma del cilindrasse e quello della cellula nervosa in cui si continua è tutto percorso da minutissime fibrille (*neuro-fibrille*) che spiegano pure la continuità funzionale tra cellula e fibra.

Fig. 20. – Fibre striate speciali, del cuore.

Nei centri nervosi, ossia negli ammassi più notevoli di tessuto nervoso, interposte alle cellule e alle fibre ora descritte,

---

zione, molti anatomici le considerano come due parti di un solo elemento che chiamano *neurone*; ma soprattutto per l'esistenza di numerosi nuclei lungo il percorso delle fibre, indipendentemente dal nucleo della cellula, sembra discutibile tale interpretazione.

esistono delle cellule speciali che servono soltanto di riempi-

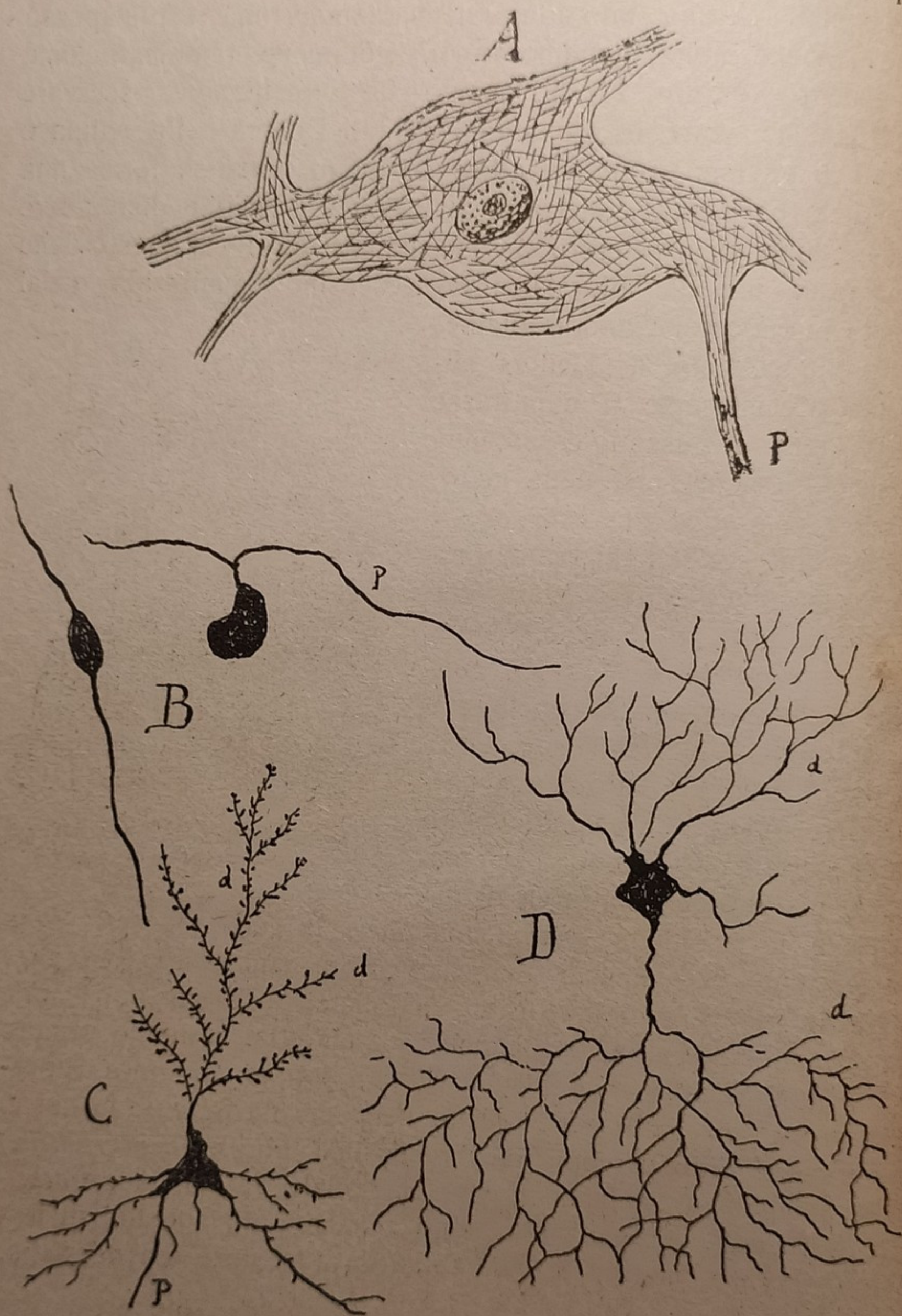



Fig. 21. - Cellula nervosa del midollo spinale dell'uomo, molto ingrandita per mostrare internamente le neuro-fibrille : P è il prolungamento di Deiters. — Fig. 21, B. - Cellule nervose embrionali con due appendici — Fig. 21, C. - Cellula nervosa piramidale della corteccia cerebrale dell'uomo, con molte dendriti (d). — Fig. 21. D. - Cellula del cervelletto di un gatto, con doppia arborescenza di dendriti.

mento e di sostegno, e formano col loro insieme una fitta trama che si considera anche come un tessuto distinto (una specie di tessuto interstiziale) detto *nevroglia*. Le cellule di questa nevroglia sono pure a contorno irregolare e provviste di molte appendici filamentose ma generalmente non ramificate (vedi fig. 23). I nervi risultano unicamente di fibre, raggruppate in fascetti più o meno numerosi.

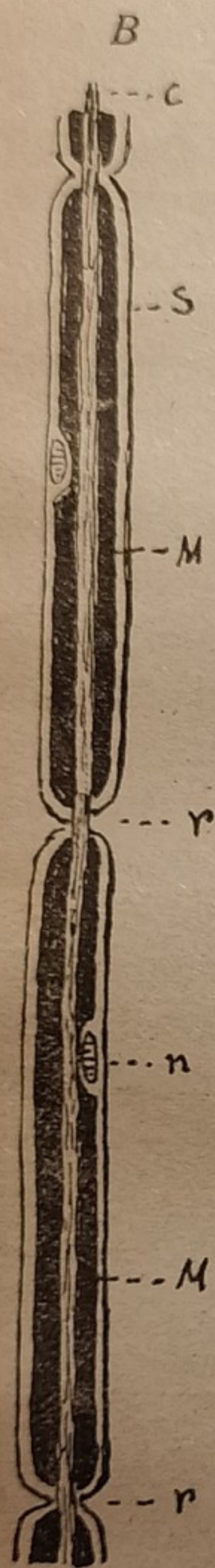
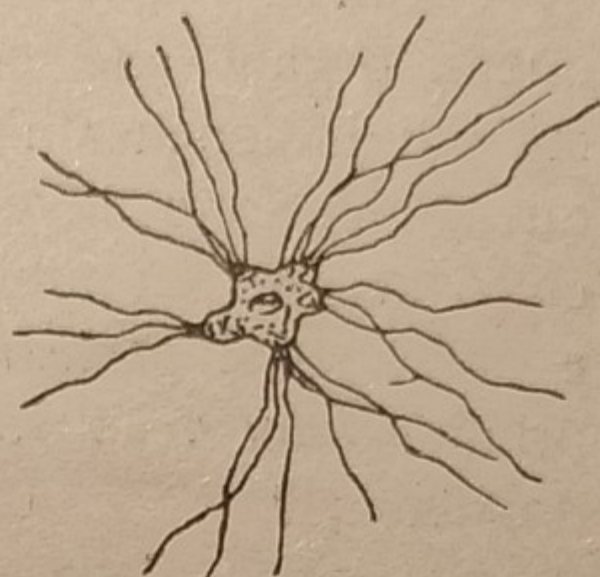



Fig. 23. - Cellula di nevroglia.

Fig. 22, *a*. - Fibra nervosa amidollata: *c*, cilindrasse con le neuro-fibrille (*f*); *n*, nucleo; *s*, guaina di Schwann. — Fig. 22, *b*. - Fibra midollata (le lettere con lo stesso valore, ma aggiungi: M. guaina midollare; *r*, caratteristiche strozzature, dette di Ranvier).

Gli organi e le funzioni.

Gli *organi* sono parti dell'organismo adibite a determinate funzioni e costituiti per lo più dall'aggregazione di diversi tessuti. Usando la parola « organo » nel senso più ampio, si può anche estendere alla designazione delle diverse parti di un organismo unicellulare, quali, per esempio, le ciglia, i flagelli, il centrosoma ecc., ma è almeno opportuno specificare queste parti col nome di organi *elementari*. Sono assolutamente da escludere dalla categoria degli organi le varie *regioni* del corpo di un organismo che non hanno valore funzionale ma solo topografico, in quanto si distinguono unicamente per differenza di posizione allorchè si descrivono i caratteri esterni: per es. non sono organi il collo, le spalle, il petto, il torace, l'addome e così via.

Poichè gli organi sono dunque *individualità fisiologiche*, ossia parti funzionanti dell'organismo, è chiaro che la loro classificazione dev'essere fondata sul criterio fisiologico, ossia sulla natura delle rispettive funzioni. E così distingueremo anzitutto quegli organi che compiono funzioni più materiali, più umili, ma più indispensabili e perciò comuni a tutti gli organismi, da quelli che sono invece adibiti a funzioni più complesse e, in certo senso, più nobili, che sono caratteristiche dei soli animali, e che anzi si perfezionano nelle forme superiori: chiameremo i primi *organi della vita vegetativa*, e i secondi *organi della vita animale* (1).

Gli organi della vita vegetativa sono quelli della *nutrizione* (nel senso più largo) e quelli della *riproduzione*, poichè anche le piante si nutrono e si riproducono come gli animali.

Gli organi della vita animale sono quelli che si chiamano anche con una sola parola organi di *relazione* (perchè servono a mettere l'individuo in relazione con i suoi simili e con l'ambiente in genere), ma che si possono agevolmente distinguere in tre categorie, ossia in organi di *movimento*, organi di *senso* e organi di *coordinazione*. Queste funzioni della vita animale possono anche avere, se si vuole, una manifestazione primitiva e confusa nel mondo vegetale, ma qui non assumono mai un

---

(1) E' inesplicabile come in molti libri scolastici anche recenti e perfino di carattere superiore si proceda nella descrizione degli organi da quelli della vita animale per giungere in ultimo a quelli della vita vegetativa. Fin dove è possibile l'ordine di esposizione deve coincidere con l'ordine naturale, e non v'è dubbio che gli organi vegetativi sono stati i primi a formarsi nell'origine degli animali e che si sono poi subordinati a quelli più complessi svoltisi col graduale perfezionamento. Ma anche prescindendo dall'ordine di formazione che potrebbe essere discusso dagli zoologi non evoluzionisti, vi è qui come in tutta la natura una subordinazione funzionale che non può essere negata: vi sono degli organi che compiono funzioni più basse, più semplicemente meccaniche, e più comuni alla generalità degli organismi; altri invece che compiono funzioni più elevate, più complesse, e che regolano quelle più semplici; questi ultimi sono quasi privilegio degli organismi superiori, e sono quindi meno generali ma più inflnenti sul progresso della vita. In natura tutto tende a trasformarsi complicandosi ed elevandosi, e ogni progresso è una distinzione e nel tempo stesso un'estensione di dominio: l'animale domina la pianta come l'uomo domina l'animale, e il cervello domina gli altri organi. Le eccezioni sono sempre apparenti: il regresso non é mai assoluto ma relativo alle parti di un tutto che si svolge elevandosi. Noi classifichiamo dunque gli organi e le funzioni in ordine *ascendente* con lo stesso criterio che seguiremo poi nella parte sistematica, ma per esigenze didattiche prenderemo gli esempi dimostrativi procedendo dalle forme più note a quelle meno note, e dando la preferenza all'anatomia e alla fisiologia dell'*uomo* come vogliono i programmi nfficiali.

perfezionamento sufficiente a determinare la formazione di organi speciali veramente caratteristici.

Ognuna delle suddivisioni così indicate può alla sua volta essere suscettibile di altre distinzioni più o meno minuziose. Fra gli organi della *nutrizione* possiamo distinguere quelli della *digestione*, che sono i più direttamente interessati nella funzione complessiva, e poi quelli della *circolazione*, della *respirazione*, della *secrezione* e della *escrezione*; tutti insieme possono anche considerarsi come organi del *ricambio*, perchè attendono allo scambio di materia tra l'organismo e l'ambiente, od organi della *vita individuale*, perchè non interessano direttamente che i singoli individui. Gli organi della *riproduzione* sono invece gli organi della *vita specifica*, perchè servono ad assicurare la vita della specie, mentre non sono indispensabili a quella dell'individuo; nella maggior parte degli animali si possono distinguere come vedremo in *maschili* e *femminili* a seconda della parte che assumono nella funzione complessiva.

Fra gli organi di *movimento* si può anche fare una fisiologica distinzione secondo che eseguiscano il movimento stesso in modo diretto, o che vi si adattino indirettamente: i primi sono organi *attivi* (muscoli), i secondi *passivi* (parti dello scheletro interno od esterno).

Gli organi di *senso*, per cui il mondo esterno si manifesta all'organismo, sono notoriamente cinque; ma se si considerano tutte le categorie di animali non è improbabile che questo numero debba essere aumentato, perchè esistono in certi casi degli organi speciali che non possono, a rigore, essere compresi in nessuno dei sensi comunemente noti (veggansi per esempio, gli organi della *linea laterale dei pesci*, nel capitolo speciale sui sensi). Anche fra gli organi di senso ve ne sono di quelli che compiono funzioni relativamente più semplici e più materiali, e degli altri invece che compiono funzioni più complesse, più elevate e suscettibili di una più delicata educazione. I primi, che comprendono il *tatto*, il *gusto*, e l'*olfatto*, possono essere specificati come organi di senso *inferiori*; i secondi, che comprendono l'*udito* e la *vista*, come *superiori*; e la distinzione non è così superficiale come molti pretendono.

Finalmente, quegli stessi organi che abbiamo chiamato di *coordinazione* perchè regolano il funzionamento di tutti gli altri

coordinandolo a vantaggio generale dell'organismo, sono suscettibili di essere distinti in due categorie: quelli di *conduzione* delle correnti nervose (nervi), e quelli di *percezione* (centri nervosi). Questi ultimi, rappresentano l'apice dell'organizzazione vitale e raggiungono nella specie umana un così alto grado di perfezionamento che ci lascia intravvedere oltre i confini della semplice animalità un mondo più elevato e più maraviglioso, pressochè inesplorato finora ma certo non chiuso all'indagine scientifica: il mondo dello *spirito*, il cui studio pur non essendo più nel dominio della zoologia, trova in questa scienza, checchè ne pensino certi filosofi patentati, una solida base preparatoria.

Apparati di nutrizione.

ORGANI E FUNZIONI DI DIGESTIONE

La nutrizione, nel senso più largo della parola, è quello scambio continuo di materia tra l'organismo e l'ambiente che è nel tempo stesso la funzione più elementare e più essenziale di ogni organismo, perchè costituisce la condizione preliminare indispensabile per ogni altra attività vitale. E ciò affermando siamo ben lungi dall'accettare quel meschino concetto materialistico che qualcuno osa ancora proclamare oggigiorno, secondo il quale si farebbe quasi consistere tutta la vita nel semplice effetto di uno scambio di materia; anzi, appunto perchè questo scambio è un fenomeno più generale, deve interpretarsi come meno complesso e meno elevato degli altri. Ciò fu già rilevato precedentemente, ma l'insistenza può non essere superflua, perchè i pregiudizii contrarii che si hanno in proposito sono altrettanto diffusi quanto perniciosi.

Sappiamo già che una delle caratteristiche degli animali, in confronto con le piante, è quella di non nutrirsi che di sostanze organiche; in realtà, all'infuori dell'acqua, del salgemma e di qualche altra sostanza inorganica usata solo dall'uomo come medicinale, tutti gli *alimenti* sono tratti dagli animali stessi o dalle piante; si possono fare però parecchie distinzioni. Delle piante sono mangiate le radici, le foglie, i fiori, i frutti, i semi,

e perfino il legno dei grossi alberi (come avviene per opera degli insetti xilofagi); degli animali sono materia di alimentazione la carne, le ossa, il sangue, le uova, il latte. Gli animali che usano essenzialmente una determinata sostanza si possono distinguere con qualificativi speciali : se si nutrono di sole erbe si dicono *erbivori*, se di sola carne *carnivori*, se di frutti *frugivori*, se di semi *granivori*, se di insetti *insettivori*, se a regime misto (come l'uomo) *onnivori*. Non è qui il caso di specificare i varii composti chimici che entrano nella costituzione di questi alimenti, perchè la mancanza assoluta di ogni nozione di chimica organica da parte degli studenti secondarii renderebbe vano empìrismo ogni tentativo di discussione in proposito.

* * *

Ridotto al più semplice schema, l'apparecchio digerente non è che un *tubo* che attraversa il corpo dell'animale, dove sono introdotti gli alimenti e vi subiscono le trarformazioni necessarie per rendersi gradatamente *assimilabili*, cioè simili alle sostanze stesse (protoplasmatiche) che costituiscono il corpo dell'animale. Ma naturalmente, quelle trasformazioni sono più o meno complicate e richieggono quindi corrispondenti complicazioni nella struttura dell'apparecchio (1).

In molti animali vi sono anzitutto degli organi speciali per portare il cibo all'ingresso del tubo digerente, e sono i cosidetti organi della *presa dell'alimento*. Nell'uomo e in varii mammiferi funzionano come tali le estremità anteriori, adibite anche a molti altri uffici, ma nella serie animale si possono avere organi svariatissimi, come la lingua (es. nel formichiere, nel bue, nel camaleonte), il labbro (es. nel cavallo e nella pecora), speciali appendici protrattili o volubili (es. la proboscide dell'elefante, le braccia dei cefalopodi, i tentacoli dell'idra), oppure appendici rigide ma articolate (come i piedi mascellari ed altri arti

---

(1) Prima d'iniziare l'anatomia e la fisiologia comparative degli animali, è opportuno che gli alunni abbiano richiamate quelle fondamentali nozioni di zoologia sistematica che hanno già apprese nelle scuole medie inferiori, almeno il tanto che basti perchè possano capire le indispensabili e frequenti citazioni di nomi sistematici fatte qui a scopo di esemplificazione. Potranno in ogni caso consultare in anticipo il prospetto sistematico che chiude appunto il presente volume.

boccali dei crostacei), e per ultimo i tentacoli delle Acinete e le stesse ciglia di altri microscopici protozoi, che possono essere particolarmente distribuite e modificate in vicinanza della bocca primitiva o *prostoma* di questi animali.

Il tubo digerente, come la maggior parte degli altri apparecchi, è collocato in una comune *cavità del corpo*, unica o suddivisa, la quale non manca che in pochi gruppi di animali inferiori (per es. nei vermi piatti).

Nell'uomo e nei mammiferi in generale la cavità è divisa in due mediante una lamina trasversale di natura muscolare, che si chiama *diaframma* (*vedi tavola I*): la cavità anteriore (che nell'uomo diventa superiore a causa della stazione eretta) è alquanto più piccola, ed è detta *toracica*; la posteriore (inferiore nell'uomo) è detta invece *addominale*. Queste cavità sono rivestite internamente da particolari membrane, le quali mandano delle propaggini ad avvolgere e a sostenere gli organi inclusi: quella che riveste la cavità toracica si chiama *pleura*, e quella dell'addome si chiama *peritoneo*; i diversi organi sono collocati in queste cavità uno vicino all'altro senza interruzioni, senza interstizii di sorta (*vedi tavola I e II*).

La descrizione dell'apparecchio digerente sopra un esempio concreto ci può servire di base, e noi come esempio prenderemo l'*uomo*, che sotto l'aspetto puramente materiale, anatomico e fisiologico, non si scosta affatto dallo schema comune dell'organizzazione animale superiore, e che può anzi essere considerato come un mammifero abbastanza tipico. Rileveremo in seguito, naturalmente, le principali divergenze che sono caratteristiche dei diversi animali, e analogamente procederemo per gli altri apparecchi; ma la descrizione più particolareggiata della struttura e delle funzioni dell'organismo umano, oltrecchè rispondere alle prescrizioni speciali dei nostri programmi scolastici, è in realtà consigliata da tutte le finalità educative del nostro insegnamento.

Le regioni distinte dell'apparecchio digerente sono: la cavità boccale, la faringe, l'esofago, lo stomaco, l'intestino e le sue suddivisioni, le ghiandole dipendenti, e se si vuole, gli organi intermediarii tra lo stesso apparecchio digerente e quello di circolazione (per es. il sistema chilifero-linfatico).

Il tubo digerente s'inizia con la *cavità boccale*, in cui si di-

stinguono specialmente: i denti, gli sbocchi delle ghiandole salivali e la lingua.

I *denti* sono piccoli corpi bianchi, duri, atti a triturare gli alimenti: sono tenuti fissi alla base dentro speciali fossette (*alveoli*) scavate nelle ossa mascellari. La parte del dente che è dentro l'alveolo si chiama *radice*, quella esterna visibile si chiama *corona*, mentre una breve zona di confine tra l'una e l'altra si chiama *colletto*. Facendo una sezione longitudinale di un dente (v. figura 24), si vede che esso è costituito di strati diversi concentricamente disposti: all'esterno, per tutta l'estensione della corona vi è uno strato di sostanza speciale detta *smalto*, formata di tanti minutissimi prismi avvicinati e paralleli, e nell'insieme molto bianca, compatta, durissima ma relativamente fragile; lo strato esterno della radice, è invece il *cemento*, che è meno bianco, meno duro, e meno compatto dello smalto, e molto affine per composizione e per istruttura al comune tessuto osseo; al di sotto dello smalto e del cemento, per tutta la lunghezza del dente, vi è uno spesso strato di *avorio* (o *dentina*), bianco-giallognolo, discretamente duro, formato di una sostanza omogenea percorsa da numerosi canalicoli, spesso stratificata, e anch'essa poco diversa dalla composizione dell'osso (fosfati e carbonati di calcio, con pochissima sostanza organica). Sotto i due strati di sostanza dura vi è la *polpa del dente*, fatta di tessuti molli connettivali, di aspetto carnoso, nei quali si addentrano vasi sanguigni e filamenti nervosi. La parte esterna delle mascelle, in tutta la zona dove si trovano gli alveoli è rivestita da una particolare mucosa detta *gengiva*.

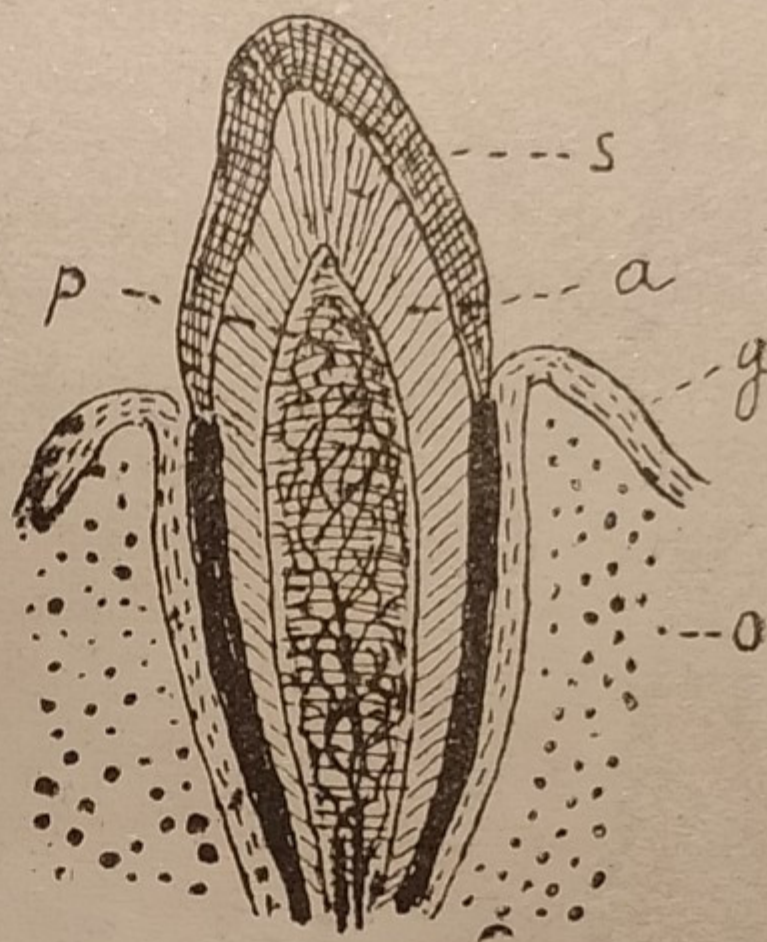



Fig. 24. - Sezione schematica di un dente: *a*. avorio; *s*, smalto (il cemento della radice è in nero); *p*, polpa del dente; *g*, gengiva; *o*, osso in sezione.

Nell'uomo adulto e normale vi sono 32 denti, disposti in modo doppiamente simmetrico, perchè ve ne sono tanti a destra quanti a sinistra, e tanti nella mascella superiore quanti

nell'inferiore. Questi denti sono di quattro specie, distinte per forma e funzione (v. fig. 25): anteriormente *2 incisivi* per lato sopra e sotto (quindi *8* in tutto), poi *1 canino* per parte sopra e sotto (*4* in tutto), *2 premolari* per parte, ugualmente ripetuti (*8* in tutto), *3 molari* con ordine analogo (*12* in tutto). Gli incisivi hanno corona a scalpello e radice conica e semplice; i canini hanno corona quasi conica (più o meno irregolare) e radice semplice; i premolari hanno corona più ampia, solcata per il lungo sulla superficie masticatoria, e sono con radice talora bifida all'estremità; i molari, notevolmente più grossi, hanno la superficie masticatoria solcata per il lungo e per il largo più volte, in modo da determinare parecchie protuberanze, ed hanno sempre la radice bifida o trifida.

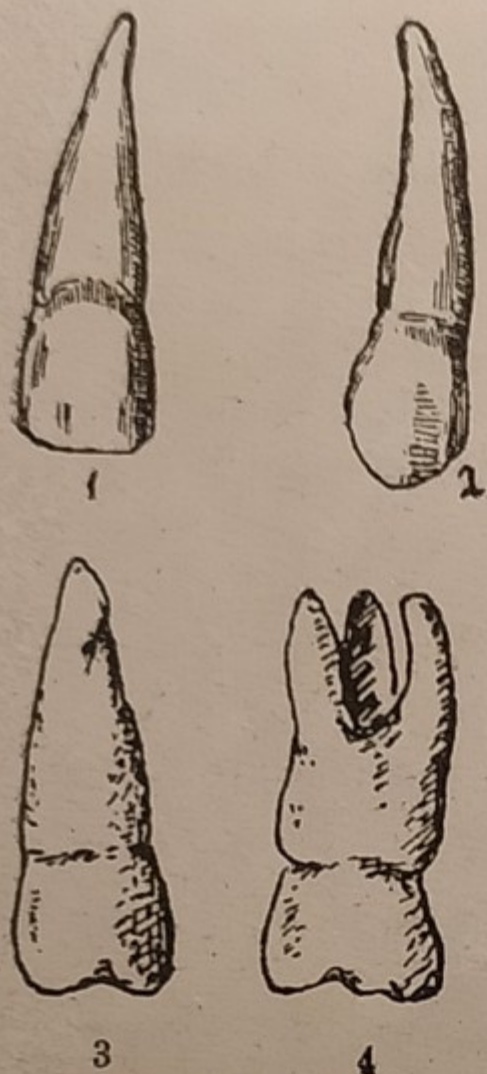



Fig. 25. - Tipi di denti umani: 1, incisivo; 2, canino; 3, premolare; 4, molare.

Tutti insieme i denti hanno per ufficio di triturare e masticare il cibo (specialmente i molari) in modo da renderne poi più facile il contatto di tutte le parti con i succhi operanti la digestione. E' dunque evidente l'utilità di una masticazione accurata, perchè essa facilita grandemente l'azione digestiva dello stomaco.

E' noto che il bambino nasce senza denti, e che i primi che mette (da sei o sette mesi a tre o quattro anni) costituiscono la cosidetta *dentatura da latte,* limitata a *20* denti (mancando i molari), e destinata ad essere gradatamente sostituita da quella definitiva (incominciando verso il sesto anno). Emerge da questa semplice constatazione un naturale criterio riguardo all'alimentazione dei bambini, che dev'essere da prima esclusivamente liquida e solo con lenta gradazione far passaggio alla mista.

Nella cavità boccale hanno i loro sbocchi tre paia di *ghiandole salivali*. Le più grandi (oltre 6 centm. di diametro massimo) poste nelle vicinanze dell'orecchio, si chiamano *parotidi* (in greco la parola vuol dire appunto « presso l'orecchio »), e sboccano alla superficie interna delle guancie, di fronte ai molari superiori; le altre paia sono le *sotto-linguali* e le *sotto-mascellari*, che hanno gli sbocchi a breve distanza gli uni dagli altri

ai lati del frenulo della lingua (fig. 26). Sono tutte ghiandole di tipo racemoso (a grappolo) e secernono la *saliva*, liquido misto, in massima parte acquoso (su 1000 parti 990 almeno sono di acqua) ma che contiene pure una piccola quantità di sostanze particolari, sospese o disciolte: tra le inorganiche alcune tracce di sali minerali (di sodio, di calcio, di magnesio, e perfino di ferro); tra le organiche, oltre a detriti di alimenti, delle tracce di albumina, di mucina, e di *ptialina* (1). Soprattutto a quest'ultima (che si trova però nei soli mammiferi) è dovuta l'azione chimica della saliva, atta a trasformare le sostanze amidacee in zuccheri solubili. Ma l'azione della saliva è specialmente meccanica, e consiste nel rammollire e nel lubrificare il tritume operato dai denti per renderlo più facilmente deglutibile; a questo scopo giova in particolar modo la *mucina* che è la sostanza caratteristica del muco. Come tutte le ghiandole, anche le salivali sono messe in azione opportunamente, secondo il bisogno dell'organismo, dallo stimolo che ricevono i loro nervi particolari; in questo caso lo stimolo è provocato dal contatto dei cibi con la cavità boccale, o anche semplicemente dalla vista o dall'odore dei medesimi.

Fig. 26. - Posizione delle ghiandole salivali (schema): *p*, parotidi; *l*, sottolinguali; *m*, sotto-mascellari; *i*, osso ioide.

La lingua è un organo muscolare mobilissimo che occupa normalmente tutta la cavità boccale (v. fig. 27) e che ha molti uffici ad un tempo. Mentre giova nel linguaggio a determinare le caratteristiche dei diversi suoni (non per nulla si chiama

---

(1) La *ptialina* è una di quelle sostanze che nella chimica biologica si chiamano *enzimi* o *fermenti*, che provocano e facilitano le reazioni chimiche di altre sostanze organiche senza prender parte direttamente alle reazioni stesse; e tra i vari enzimi la ptialina è uno di quelli che appartengono al gruppo delle *diastasi* per la caratteristica di determinare la formazione degli zuccheri.

« lingua » anche il modo di parlare delle diverse nazioni), concorre ai primi atti digestivi sia in modo diretto, col regolare

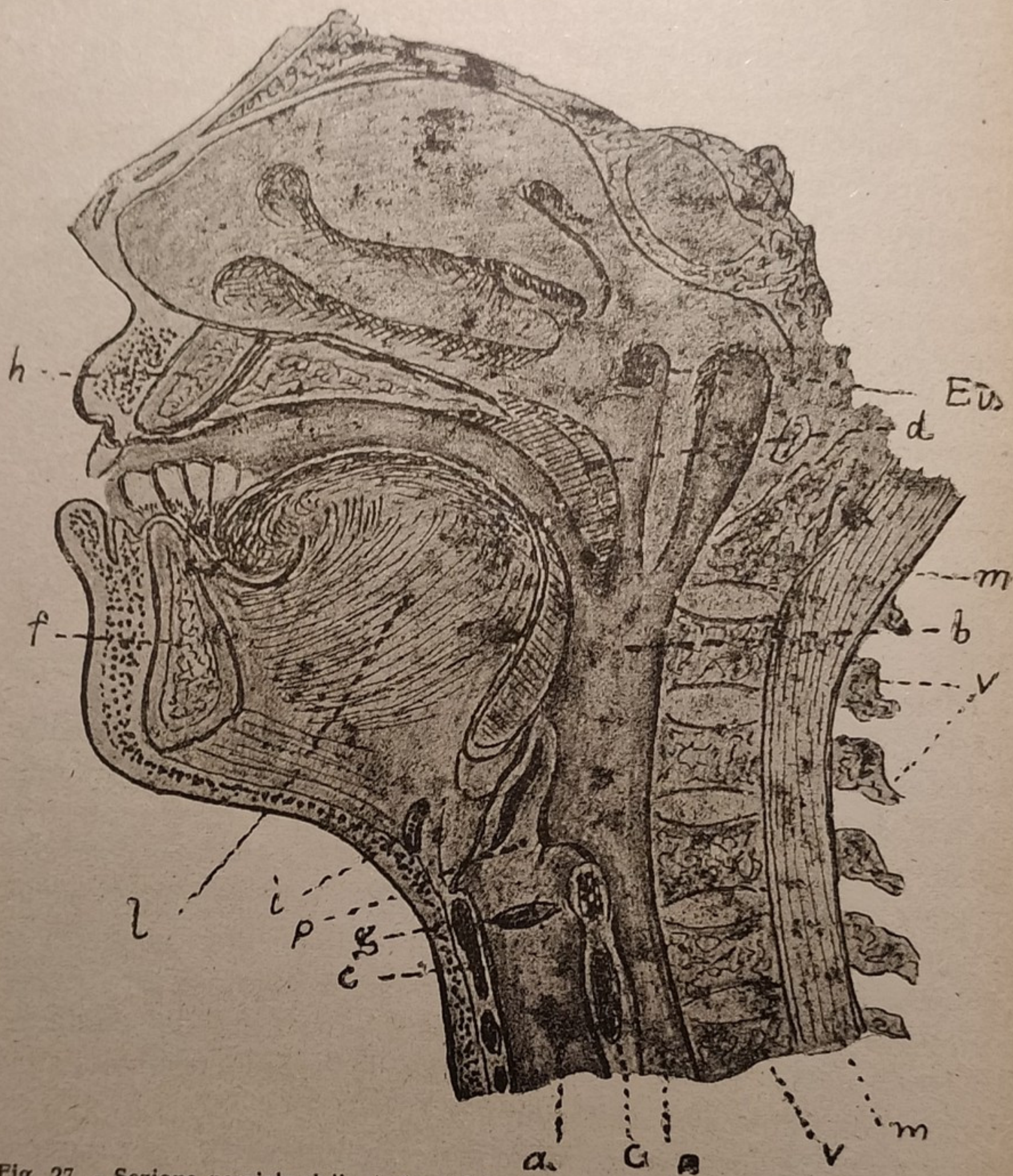



Fig. 27. - Sezione parziale della testa e del collo: *a*, tubo laringeo; *b*, faringe; *c*, cartilagini delle pareti della laringe; *d*, palato molle; *e*, esofago; *f*, mandibola (sezione); *g*, corde vocali; *h*, osso mascellare; *Eu*, sbocco della tromba di Eustachio; *i*, osso ioide; *l*, lingua; *m*, midollo spinale; *p*, epiglottide; *v*, vertebre.

la distribuzione dei cibi sotto i denti e facilitare la deglutizione, sia in modo indiretto, col permettere la scelta dei cibi stessi per mezzo degli *organi gustativi* che porta sulla sua superficie, cioè nella mucosa di cui è rivestita. Parleremo di questi organi nell'apposito capitolo sui sensi, e qui aggiungeremo ancora che non solo la lingua ma tutta la cavità boccale, a cominciare

dalle labbra, è rivestita di una particolare mucosa rossastra, che si continua poi, più o meno modificata, per tutto il tubo digerente (1). La cavità boccale è limitata superiormente dal *palato duro* (formato, come vedremo, da due paia di ossa: le mascellari e le palatine, ricoperte di mucosa) e dal *palato molle* o *velo palatino* (formato invece di una lamina muscolare ma pure ricoperta di mucosa).

Il velo palatino si può dividere in due regioni: una anteriore che è disposta quasi orizzontalmente e che appartiene ancora alla bocca; una posteriore che è diretta obliquamente in basso e che appartiene alla retrobocca (vedi fig. 27). Al confine fra le due regioni si protendono lateralmente due laminette (estroflessioni della mucosa) che si chiamano *pilastri anteriori* del velo palatino e che limitano l'apertura di fondo della bocca, formando il cosidetto *istmo delle fauci*. Dopo di questo vi è un breve tratto conico detto *retrobocca* o *faringe* (lungo in media da 12 a 14 centm.), la cui volta è formata dalla parte posteriore del velo palatino che termina in una linguetta carnosa (*ugola*) pendente nella cavità faringea; in corrispondenza dell'ugola, si protendono dalle pareti laterali due altre laminette che si chiamano *pilastri posteriori*. Nello spazio tra questi e gli anteriori si trovano due protuberanze di natura originaria ghiandolare ma ora modificata e di funzione incerta (simili a piccole mandorle per forma e grandezza) che si chiamano *amigdali* o *tonsille* e che sono spesso soggette ad alterazioni patologiche. Al di là del velo palatino, ma in alto, si trovano da prima le aperture interne delle *cavità nasali* (*coane*) e subito dietro le aperture interne delle *trombe d'Eustachio*, che conducono, come vedremo, ad una cavità dell'orecchio. La faringe, dirigendosi in basso, termina posteriormente a livello della quinta vertebra cervicale; a questa estremità trovasi una specie

---

(1) Col nome di *mucose* s'intendono certi tessuti di rivestimento, formati da epitelii e da connettivi sottostanti in intima unione, e si chiamano mucose perchè nel loro spessore si trovano sempre delle ghiandole che secernono *muco*, destinato a tener lubrificata la superficie perchè non si irriti al passaggio di sostanze diverse. Le mucose non sono, di solito, regolarmente distese, ma presentano ondulazioni e rilievi di vario aspetto e più o meno accentuati: quella della lingua è tutta *papillosa*, cioè provvista d'innumerevoli e piccole appendici (*papille*) avvicinate tra loro e visibilissime ad occhio libero. E' alla base di alcune di queste papille che sono appunto collocati i microscopici organi gustativi a cui abbiamo accennato.

di bivio, poichè da una parte (anteriore) si apre un tubo per cui non passa che l'aria e che infatti conduce ai polmoni, mentre dall'altra (posteriore) si continua il tubo digerente con un tratto che si chiama *esofago*. Perchè il cibo, nell'atto di procedere oltre la bocca (*deglutizione*) non penetri nelle vie respiratorie, nel punto del bivio da cui queste s'iniziano con un'apertura che si chiama *glottide*, vi è un'apposita linguetta mobile, di natura cartilaginea, che si comporta come una valvola automatica e che si chiama, per la sua posizione, *epiglottide* (= sopra la glottide, di cui parleremo); essa si abbassa naturalmente nell'atto in cui il cibo tritato ed insalivato (*bolo*) attraversa la faringe.

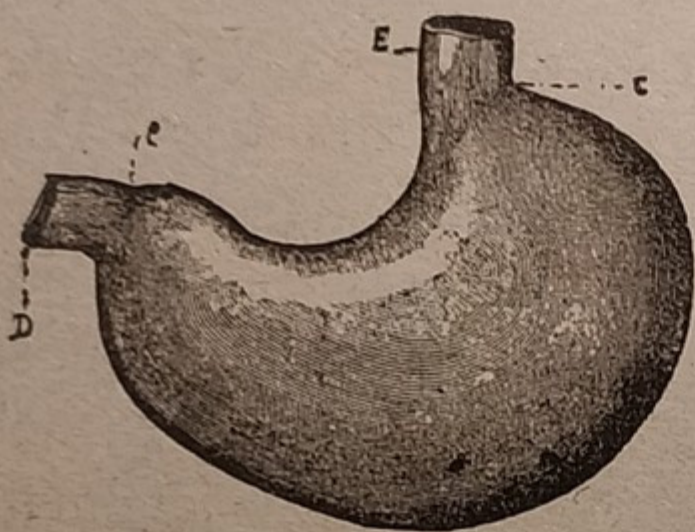



Fig. 28. - Stomaco umano: E, esofago; *c*, cardias; D, duodeno; P, piloro; T, grande tuberosità.

A facilitare quest'atto della deglutizione concorrono più o meno tutti i muscoli della cavità boccale e della faringe, ma in particolar modo il velo palatino che provvidamente si alza in modo da chiudere le coane e gli sbocchi delle trombe d'Eustachio.

Dopo la deglutizione il bolo passa nell'esofago. Questo è un tubo a pareti muscolari con rivestimento di mucosa, che attraversa tutta la cavità toracica ed anche il diaframma, mettendo nello stomaco dopo un percorso complessivo di circa cm. 25 (Tav. I); il bolo deglutito passa rapidamente per l'esofago senza trattenervisi e giunge nella cavità stomacale.

L'esofago può dilatarsi notevolmente al passaggio del bolo (raggiungendo il diametro di 3 centimetri e mezzo), ma quando è in riposo lo strato muscolare delle sue pareti si contrae in modo da chiudere il canale interno.

Lo *stomaco* è un sacco all'incirca piriforme, a robuste pareti, pure dilatabile, ma normalmente col diametro massimo (in direzione trasversale) di 15-18 centimetri; è collocato nella cavità addominale subito dopo il diaframma, in gran parte verso sinistra, dove è anche più ampio; è alquanto incurvato con la concavità in alto, cosicchè le sue due aperture, che sono quasi ai due estremi della parete superiore, finiscono per trovarsi non

molto lontane l'una dall'altra (fig. 28); l'apertura d'ingresso (a sinistra) è detta *cardias*, e quella di uscita *piloro*.

Le pareti dello stomaco hanno un potente strato di muscoli diretti in vario senso, ed una mucosa tutta pieghettata e ricca di ghiandole. Appena il bolo è arrivato nello stomaco i muscoli entrano in azione, e contraendo variamente le pareti fanno muovere con vivacità il contenuto (funzione meccanica dello stomaco); nel tempo stesso le microscopiche ma innumerevoli ghiandole secernono il *succo gastrico* che agisce sul bolo per opera specialmente di una caratteristica sostanza, la *pepsina* (1), la quale trasforma molti albuminoidi insolubili in *peptoni* che sono invece solubili nel succo gastrico; concorre energicamente all'azione l'*acido cloridrico* libero che si trova nel succo stesso (circa 0,5 per cento). Risultato complessivo della doppia funzione, meccanica e chimica, dello stomaco è quello di ridurre il bolo in una poltiglia acida più preparata all'assimilazione: tale poltiglia si chiama *chimo*, e la digestione stomacale *chimificazione*. Speciali ispessimenti della mucosa attorno all'apertura pilorica si dispongono in modo da chiudere l'apertura stessa finchè la chimificazione non sia regolarmente compiuta, e per questo occorre un tempo variabile secondo lo stato dell'organismo, la digeribilità delle sostanze e la loro quantità (può durare da qualche decina di minuti a parecchie ore).

Fig. 29. - Sezione attraverso le pareti dello stomaco; *a* mucosa ghiandolare; *b*, straterello muscolare della mucosa; *c*, tonaca connettivale sotto-mucosa (con vasi sanguigni); *d*, strato muscolare trasversale; *e*, strato muscolare longitudinale; *f*, membrana sierosa di origine peritoneale.

Nello spessore delle pareti dello stomaco (mm. 3 in media) vi è

(1) Anche la *pepsina*, come la *ptialina*, appartiene agli *enzimi*, ma per la sua proprietà di scomporre gli albuminoidi in sostanze solubili, è compresa nel gruppo particolare delle *proteasi* od *enzimi protealitici*.

una fitta rete di piccoli vasi sanguigni e linfatici e di filamenti nervosi. Questi ultimi, per lo stimolo che ricevono all'atto dell'introduzione del cibo, provocano di riflesso i movimenti muscolari e le secrezioni delle ghiandole delle pareti. Hanno grande influenza sull'attività dello stomaco i cosidetti *stimoli psichici*, determinati dalla vista, dall'odore e dal sapore delle vivande, ed è quindi incontestabile l'efficacia di una buona cucina per una buona digestione. I fenomeni dell'appetito e della fame, in gran parte oscuri, costituiscono una delle tante manifestazioni del potere autoregolatore dell'organismo sotto la dipendenza del sistema nervoso.

Dopo il piloro incomincia l'*intestino*, che è un tubo lungo otto o dieci metri e che occupa perciò la massima parte della cavità addominale, ripiegando su sè stesso infinite volte e determinando le cosidette *anse intestinali*, tenute connesse fra loro e fissate alla colonna vertebrale mediante una speciale membrana (*mesenterio*) che è una dipendenza del peritoneo (*ved. tav. II, 12 e fig. 32*). Il lungo tubo è diviso in due regioni distinte: l'intestino *tenue*, che è di calibro minore (cm. 3 in media) e che costituisce i quattro quinti circa di tutto il complesso, e l'intestino *crasso* molto più breve ma di calibro doppio. Ognuna di queste regioni si suddivide alla sua volta: il tenue, in *duodéno*, *digiuno* ed *ileo*; il crasso, in *cieco*, *cólon* e *retto*.

Il *duodèno* (così detto perchè lungo 12 dita trasverse, ossia una trentina di centimetri circa) appena iniziatosi dal pilòro, ripiega sotto lo stomaco formando l'*ansa duodenale*; il *digiuno* (lungo circa 3 metri) ha le pareti relativamente spesse (circa mm, 1) e forma molte anse; deve il suo nome al fatto che quando lo si è esaminato nelle dissezioni lo si è trovato per solito vuoto nell'interno; l'*ileo*, di calibro un tantino più piccolo e con pareti meno spesse è altrettanto più lungo e forma pure numerosissime anse (da cui appunto trae il suo nome).

Il *cieco*, bene sviluppato in molti animali, è *rudimentale* nell'uomo, dove è ridotto ad un breve moncone lungo qualche centimetro e terminato da una piccola appendice chiusa alla sua estremità (*appendice vermiforme*); esso si trova al lato destro della cavità addominale e molto in basso (*v. Tav, I*).

Il *colon* forma la più gran parte del crasso, e si divide alla sua volta in 3 regioni: una a destra, che sale dal fondo dell'addome fino a sotto lo stomaco (*colon ascendente*), una quasi orizzantale, lungo la parete inferiore dello stomaco (*c. trasverso*), e una che di-

scende nuovamente in basso del lato sinistro (*c. discendente*). Questi varii tratti non fanno anse ma hanno le pareti con molti solchi trasversali; a differenza del duodeno il colon trattiene a lungo le sostanze, e il suo stesso nome (di origine greca) vuol alludere a questo fatto.

Finalmente il *retto* è un breve tratto terminale, lungo una ventina di centimetri, che scorre quasi diritto fino all'ano.

All'inizio dell'intestino crasso vi è una specie di valvola (*v. ileocecale*) che impedisce il ritorno nel tenue alle sostanze che sono già nel crasso.

Fig. 30. - Sezione schematica dell'intestino umano: A, mucosa; B, sottomucosa; C, muscoli; D, sierosa peritoneale [*v*, villi; *e*, epitelio; *f*, vasi chiliferi; *a*, vasi capillari sanguini; *g*, strato ghiandolare della mucosa; *m*, straterello muscolare della mucosa; *s*, connettivo della sottomucosa; *t*, strato dei muscoli circolari; *l*, strato dei muscoli longitudinali; *p*, sierosa peritoneale].

Le pareti intestinali variano di struttura nelle diverse regioni, ma presentano sempre di essenziale un doppio strato di muscoli (circolari e longitudinali) e una mucosa ricca di ghiandole; questa struttura dimostra che la funzione meccanica e quella chimica continuano in tutto l'intestino.

L'esame di una sezione schematica della parete dell'intestino (figura 30) può darci una discreta idea della sua normale struttura, che è opportuno conoscere per capire i processi della digestione intestinale.

Procedendo dall'esterno si trova anzitutto una sottile membrana *sierosa* (non giunge a un decimillimetro di spessore) che è una propaggine del peritoneo; poi una *tonaca muscolare* a fibre lisce, distinta in uno strato esterno a fibre longitudinali ed uno interno, più spesso, a fibre circolari (i due strati uniti costituiscono un buon terzo dello spessore totale delle pareti); segue un grosso strato di connettivo fibrillare lasso che si chiama *sotto-mucosa* (spesso all'incirca come la zona muscolare) (fig. 31), e poi ancora un sottilissimo

strato muscolare longitudinale, e finalmente la *mucosa propriamente detta* che comprende uno strato *dermale* e uno *epiteliare*; quest'ultimo non è che un epitelio semplice, cilindrico, normale, invece il derma è molto complicato, risultando di un tessuto connettivo reticolato, nel cui spessore (circa mm. 0,2) si trova una fitta rete di capillari sanguigni e di altri vasi detti chiliferi, nonchè innumerevoli ghiandole tubulari, e leucociti (vedi elementi del sangue). La mucosa non è come una membrana liscia e distesa, ma è tutta increspata da ripiegature trasversali e sollevata in numerosissimi e sottili filamenti (lunghi poco più di mezzo millimetro) che danno alla superficie un aspetto vellutato: sono i cosidetti *villi intestinali* che hanno molta importanza nella funzione dell'assorbimento, perchè sono percorsi internamente da molti vasi capillari sanguigni e da un vaso chilifero centrale.

Fig. 31. - Villi intestinali; in quello di sinistra si vede il vaso chilifero e il tessuto connettivo reticolato, in quello di destra la rete vascolare (*ep*, epitelio; *c.r*, connettivo reticolato; *a*, arteria; *v*, vena; *v.c* vaso chilifero).

Appena uscito dallo stomaco il chimo s'incontra con due potenti succhi digestivi che provengono da apposite ghiandole aventi i loro sbocchi riuniti verso la fine del duodeno. Una di queste ghiandole è il *fegato*, il cui prodotto è la *bile*; l'altra è il *pancreas*, il cui prodotto è il *succo pancreatico*.

Il fegato è la più grossa ghiandola del corpo (pesa normalmente più di un chilo e mezzo): è collocato subito sotto il diaframma, in gran parte dal lato destro, con una superficie convessa in alto e una concava in basso; ha un colore bruno rossiccio, ed è diviso per mezzo di solchi in quattro lobi ineguali: il *lobo destro* di gran lunga maggiore, il *lobo sinistro*, mediocre, che si addossa alle pareti superiori dello stomaco, *il lobo quadrato* e quello *dello Spigel*, molto più piccoli e posti,

inferiormente, tra gli altri due. La massa del fegato è a struttura visibile granulare, ed esaminata al microscopio risulta costituita da un tessuto a cellule globose o poligonali (*cellule epatiche*) associate a fibrille connettivali e a un gran numero di vasi sanguigni e di speciali *canalicoli biliari*.

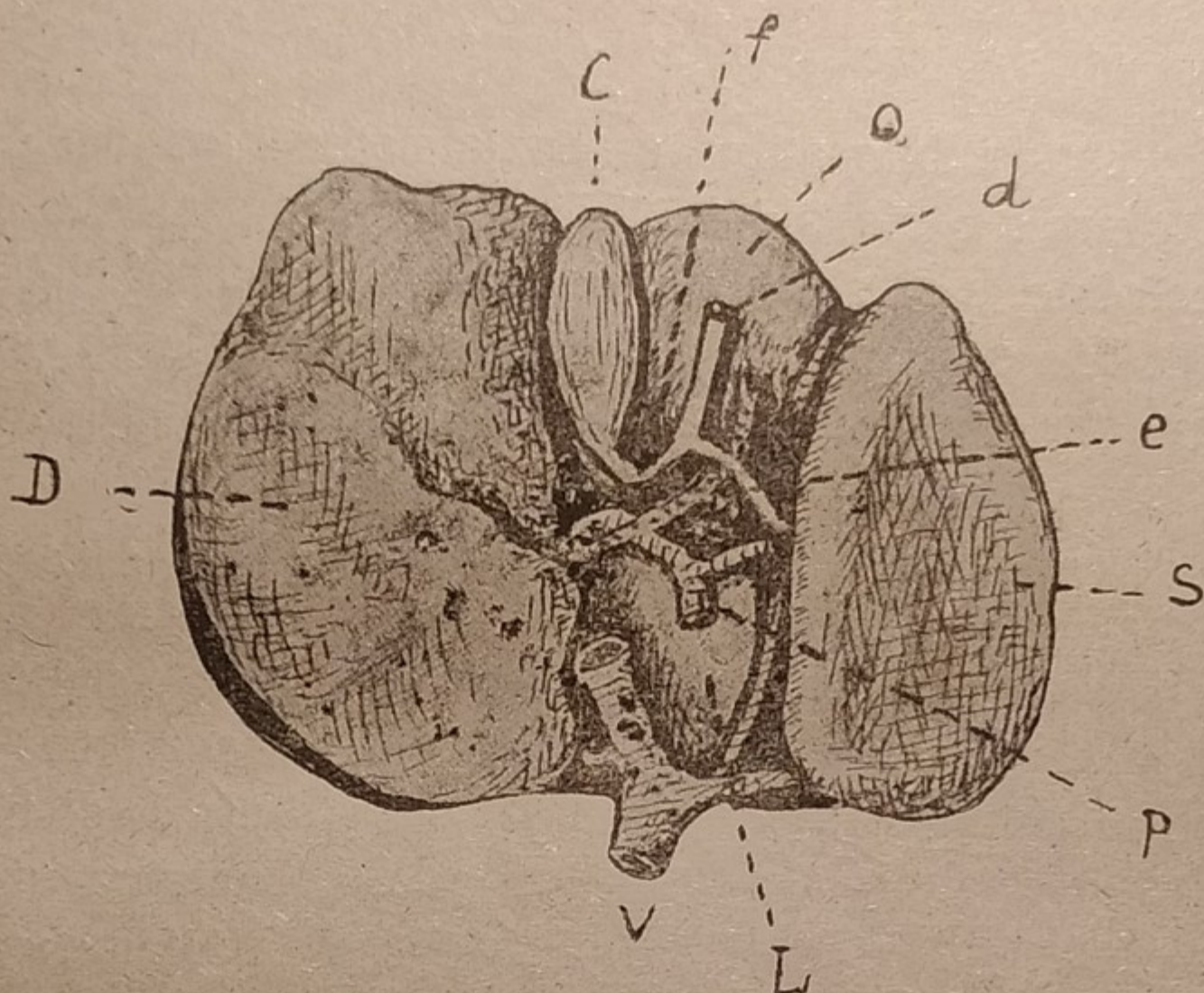



Fig. 32. - Fegato visto dalla parte inferiore: D, lobo destro; S, lobo sinistro; L, lobo di Spigel; Q, lobo quadrato; C, cistifellea; *f*, condotto cistico; *e*, condotto epatico, *d*, coledoco; P, vena porta; V, vena cava inferiore.

La bile è un liquido verdastro, denso, amarissimo, prodotto in parte dalla filtrazione del sangue, in parte da speciali elaborati delle cellule epatiche, e anche dei canalicoli biliari. La rete dei canalicoli confluisce in un canale maggiore, detto *condotto epatico*, continuato poi da un altro anche più ampio, detto *condotto coledoco* e sboccante nel duodeno. Ma perchè la bile non si disperda inutilmente lo sbocco del coledoco rimane chiuso quando non passa il chimo, e allora la bile rigurgita nel coledoco stesso per poi deviare verso un condottino speciale (*c. cistico*) che la porta in un piccolo serbatoio detto *cistifellea*, aderente alla parete inferiore del fegato stesso (v. fig. 32).

La bile della cistifellea risulta notevolmente diversa da quella dei canali biliari, il che dimostra che la cistifellea stessa si deve considerare anche come qualche cosa di più di un semplice serbatoio, soprattutto si trova in essa diminuita la quantitá di acqua. La bile

ricavata appunto dalla cistifellea contiene dall'84 all'85 0[0 di acqua; il resto della percentuale ripartito in parti pressochè uguali fra sostanze organiche ed inorganiche diverse. Queste ultime sono rappresentate specialmente da cloruri di sodio, di potassio, di calcio, di ferro, di magnesio; le sostanze organiche sono rappresentate da acidi, da sali, da grassi e principii coloranti speciali, senza che risulti chiara l'azione predominante di alcuno dei componenti.

Sembra che la bile abbia essenzialmente l'azione di emulsionare i grassi, ossia di dividerli meccanicamente in minutissime goccioline, e di scomporli anche chimicamente in sostanze assorbibili. Ma sembra che abbia nel tempo stesso un'azione antisettica (per opera degli acidi speciali che contiene), e che raccolga ed elimini materiali di rifiuto del sangue.

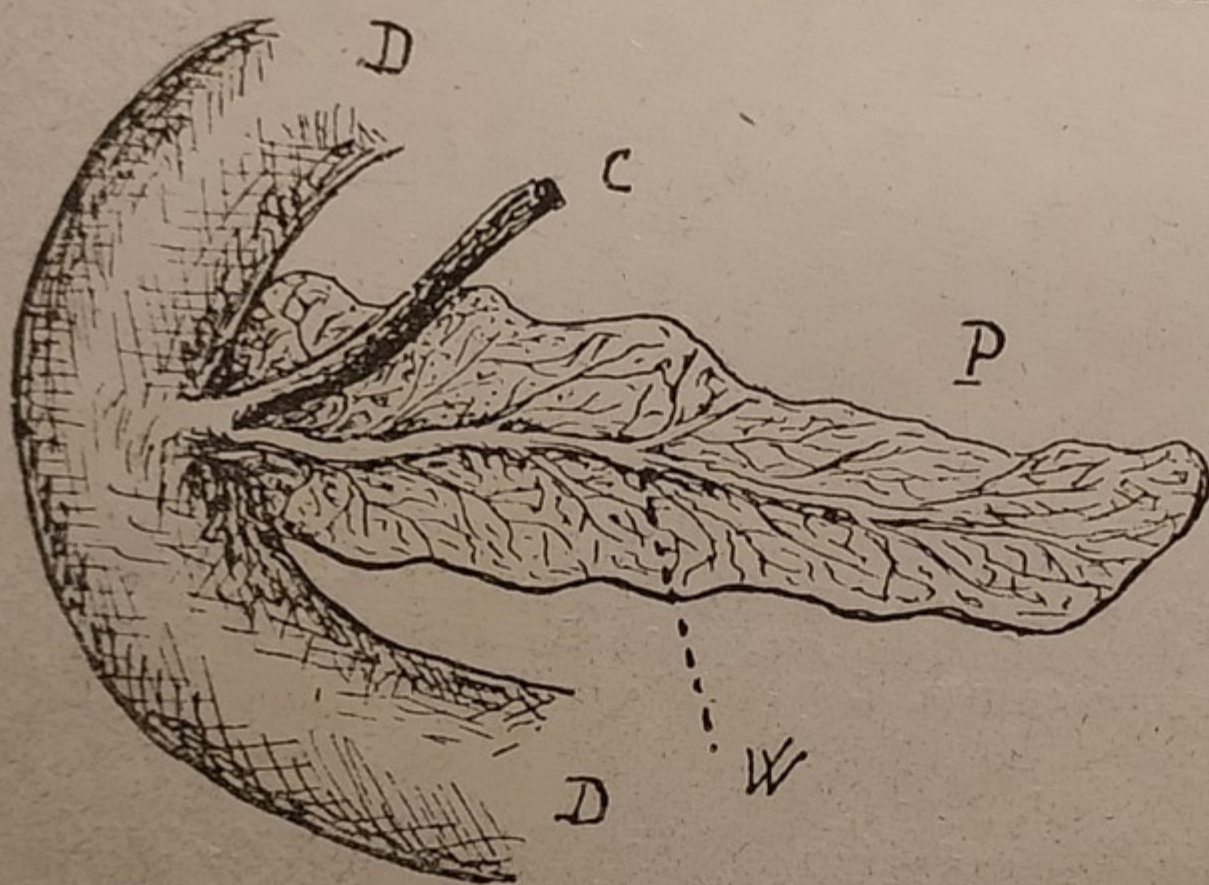



Fig. 33. - Pancreas in sezione schematica: P, Pancreas; D, duodeno; C, coledoco; W, condotto di Wirsung.

Il fegato non ha soltanto la funzione ghiandolare di secernere la bile, ma ne ha pure un'altra molto importante: quella di trattenere gli abbondanti zuccheri (di diversa specie) penetrati nel sangue per l'assorbimento intestinale, e di trasformarli in un prodotto di riserva detto *glicogene* o *amido animale*, che può di nuovo a tempo opportuno, quando l'organismo ne abbia bisogno, dar luogo a zuccheri utilizzabili (la parola « glicogene » vuol dire appunto « generatore di zucchero »).

Il *pancreas* è una ghiandola di tipo racemoso, molto più piccola del fegato, stretta e lunga (circa cm. 15), di color grigio lievemente roseo, occupante lo spazio fra lo stomaco e l'ansa duodenale: mediante un canale collettore longitudinale (*condotto pancreatico* o *c. di Wirsung*), porta il suo prodotto liquido, filante, incoloro, detto *succo pancreatico*, nel duodeno e proprio nello stesso punto in cui sbocca il coledoco (fig. 33).

Il succo pancreatico deve soprattutto la propria azione alla

presenza di parecchi *enzimi*, di cui il più noto è la *tripsina*, ma sembra che questa non si formi che nel succo già arrivato nell'intestino, e che invece nel pancreas vi sia soltanto una sostanza capace di trasformarsi in tripsina (*tripsinogeno*).

La tripsina ha un'azione analoga a quella della pepsina poichè scinde pure le albumine in prodotti solubili, mentre altri enzimi del succo pancreatico hanno azione analoga a quella della ptialina, poichè scindono gli amidi in zuccheri ; e finalmente altri enzimi ancora (come la *steapsina*) emulsionano i grassi. Complessa ed importantissima è dunque la funzione di questa ghiandola non abbastanza considerata in passato.

Il chimo, trasformato per opera della bile e del succo pancreatico, prosegue verso il digiuno e gli altri tratti dell'intestino in virtù delle contrazioni delle pareti (*movimenti peristaltici*) nelle quali si alterna l'azione dei muscoli circolari con quella dei longitudinali ; e nel lungo percorso si completano le reazioni chimiche per opera di un altro importantissimo liquido digestivo, il *succo enterico*, prodotto dalle microscopiche numerosissime ghiandole di tutta la mucosa del tenue.

Anche il *succo enterico* è un liquido incoloro e fllante, che contiene fra la predominante percentuale di acqua, alcuni principii attivi non ancora ben noti, soprattutto degli enzimi. Uno di questi, chiamato *erepsina*, agisce su quegli albuminoidi che non sono stati sufficientemente modiffcati dalla pepsina e dalla tripsina ; ed altri enzimi agiscono analogamente sui grassi.

Risultato di tutte queste attività digestive è quello di separare dai componenti del chimo un liquido eminentemente nutritizio e capace di essere assorbito dalle pareti intestinali, il cosidetto *chilo* ; mentre i materiali di rifiuto si accumulano formando le *feci*, che procedendo gradatamente lungo l'intestino crasso vengono espulse. La funzione intestinale si chiama, con una parola sola, *chilificazione* ; e il passaggio del chilo attraverso le pareti dell'intestino costituisce il fenomeno dell'*assorbimento*, il quale può essere *diretto* o *indiretto*, a seconda che il chilo passi subito nei vasi sanguigni della mucosa intestinale, o vada invece a finire nel sangue per una via più lunga, ossia pel tramite dei vasi *chiliferi e linfatici*.

La mucosa dell'intestino è dunque ad un tempo secernente

e assorbente; la secrezione si effettua per mezzo delle suddette ghiandole a succo enterico e di altre semplicemente *mucipare* (che non danno che muco); mentre l'assorbimento si effettua per il noto processo fisico detto di *osmosi*.

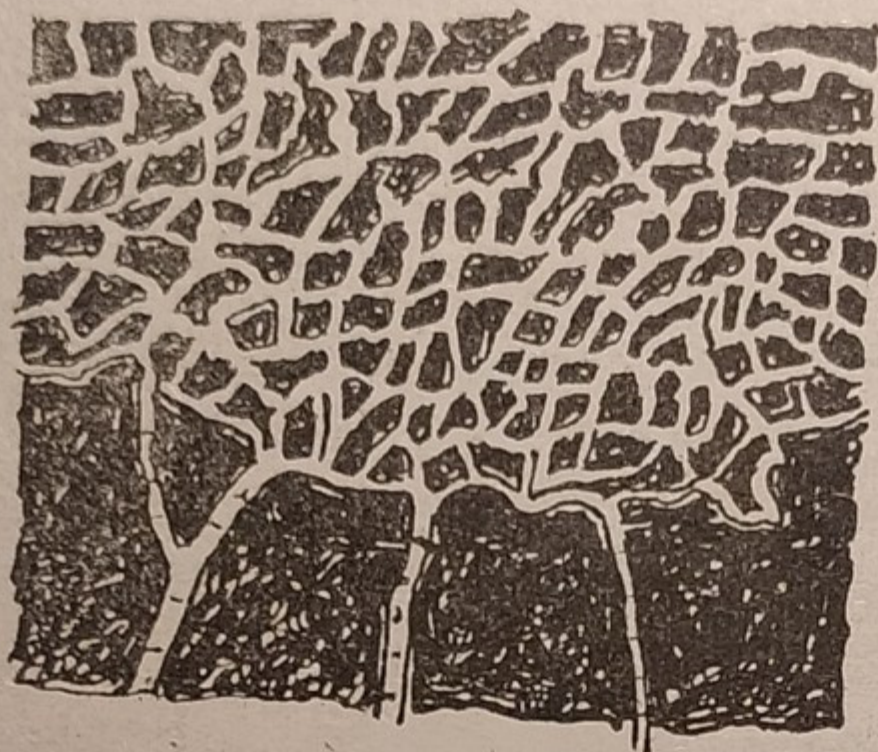



Fig. 34. - Rete linfatica sottocutanea.

I vasi chiliferi dei singoli villi si continuano con altri gradatamente più grossi che si distribuiscono per tutte le pareti dell'intestino formando un complicato *sistema chilifero*; questo si continua poi alla sua volta, insensibilmente, in un altro sistema di vasi anche più complicato, il *sistema linfatico*, il quale si estende in una fittissima rete per tutto il mesenterio (fig. 32) da prima, e per tutte le parti del corpo

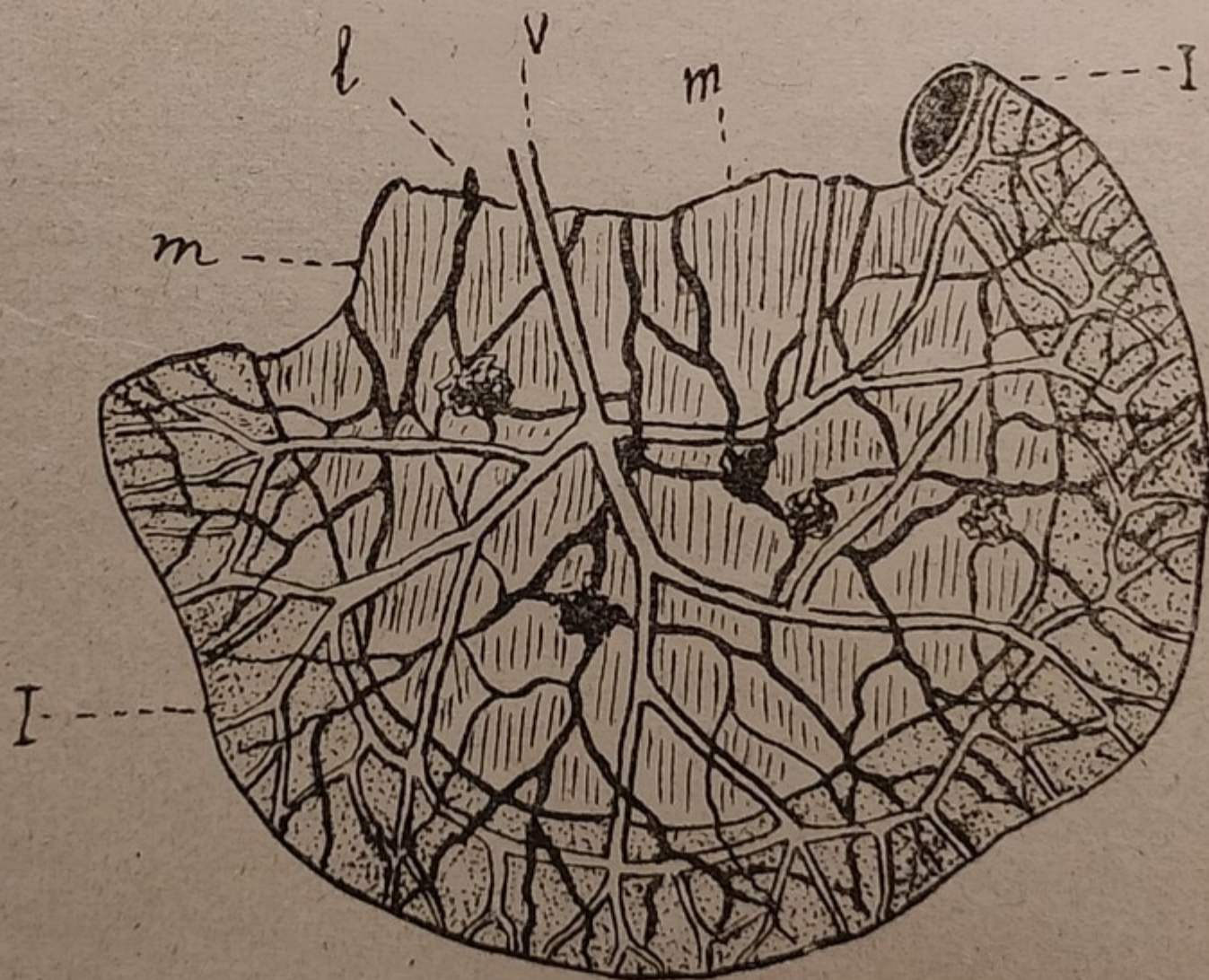



Fig. 35. - Vasi linfatici dell'intestino: I, ansa intestinale, *m*, mesenterio, *l*, vasi linfatici e ganglii (in nero), *v*, vene (in bianco).

susseguentemente, raccogliendosi in vasi sempre più grandi, che in massima parte convergono al fine in un grosso tronco (*condotto toracico*), il cui decorso è parallelo alla colonna vertebrale

e il cui sbocco è nella grande *vena succlavia sinistra* nella regione toracica superiore. Un'altra parte converge invece verso un tronco sboccante nella *succlavia destra*. I vasi linfatici s'intersecano coi loro rami, e nei punti d'incontro vi sono spesso dei rigonfiamenti particolari detti *gangli linfatici*.

Una divisione netta tra vasi chiliferi e linfatici non si può fare, perchè il passaggio, come fu detto, è graduale: e si considera in sostanza il sistema chilifero come una semplice sezione di quello linfatico. Nei vasi di quest'ultimo, indipendentemente dal chilo che proviene dall'intestino, esiste un liquido speciale, la *lìnfa* (1), che è un liquido acquoso, limpido (quando non sia frammisto col chilo), coagulabile, e al tutto simile al plasma sanguigno che descriveremo in seguito (solo che è più ricco di sali disciolti): contiene anche nella sua massa numerose cellule libere, dette *linfociti*, che hanno una forma instabile e tutti i caratteri dei *leucociti* (cellule bianche) che descriveremo pure parlando del sangue.

* * *

Ora che abbiano descritto in modo particolareggiato l'apparecchio digerente dell'uomo ci sarà facile, per semplice confronto, esaminare sommariamente quello di altri animali.

Incominciando dalla *dentatura*, osserviamo che quasi tutti i *mammiferi* hanno dei denti, ma che questi possono molto variare per numero, per forma, per istruttura e per disposizione; anzi, i caratteri della dentatura hanno grande importanza nei mammiferi perchè costituiscono dei distintivi notevoli per le diverse specie, i diversi generi, i diversi gruppi, tanto che fu convenuto di esprimerli in modo sintetico e preciso mediante *formole dentarie*.

Le formole si scrivono comunemente sotto forma di frazioni, i cui numeratori rappresentano i numeri dei denti superiori delle singole varietà, limitati però alla mezza mascella (poichè la simmetria bilaterale è costante in tutti i mammiferi), mentre i denominatori rappresentano i corrispettivi denti della mezza mascella inferiore. Così,

(1) E' bene osservare che mentre il sangue é, negli animali superiori, tutto racchiuso negli appositi vasi (arterie, vene e capillari), la linfa si trova anche distribuita negli spazii intercellulari dei diversi organi (linfa dei tessuti).

per es. la dentatura dell'*uomo* si può esprimere come segue: $\frac{2}{2}\,\frac{1}{1}\,\frac{2+3}{2+3}$. Come si vede, si usa scrivere in una frazione unica il numero dei premolari e quello dei molari veri. In molti mammiferi mancano i denti di qualche varietá, e allora la dentatura si dice incompleta: per es. nel *coniglio* mancano i canini, e la formula diventa: $\frac{2}{1}\,\frac{0}{0}\,\frac{3+3}{2+3}$.

In moltissimi poi si hanno i denti superiori ed inferiori in numero diverso: ciò si può giá scorgere nella formola del coniglio, ma si può dimostrare con altri esempi, come quello della *talpa*: $\frac{3}{4}\,\frac{1}{1}\,\frac{3+4}{2+4}$ che è però a dentatura completa, e quello del *bue* e dei *ruminanti* in genere, che mancano d'incisivi e di canini nella sola mascella superiore $\frac{0}{3}\,\frac{0}{1}\,\frac{3+3}{3+3}$.

In certi mammiferi, come nei *delfini*, i denti sono tutti di una qualità (conici ed appuntiti, atti a trattenere la preda ma non a masticare); in questi stessi *delfini* ed anche in altri rari casi (p. es. nei *marsupiali* e nei *pipistrelli*) non si può fare vera di-

Fig. 36. - Dente molare composto di Elefante.

Fig. 37. - Teschio di cane e dentatura.

stinzione tra la dentatura da latte e quella definitiva; in certi mammiferi inferiori, come nei *monotremi* e in una parte dei cosidetti *sdentati* (per es. il *formichiere* e il *pangolino*) mancano i denti completamente.

Nella maggior parte dei casi i denti sono *semplici* come nell'uomo, cioè hanno lo smalto che non si addentra nella corona; ma certe volte (come negli *equidi*) lo smalto penetra dentro attraversando l'avorio e determinando delle caratteristiche pieghe,

e allora i denti si dicono *complicati* : e finalmente si hanno anche denti *composti*, quando parecchi denti semplici sono riuniti in un solo mediante uno strato continuo di cemento, come avviene nei molari dell'*elefante* (fig. 36).

Fig. 38. - Denti molari di un erbivoro.

In generale, dall'aspetto della dentatura si può distinguere il regime alimentare dei varii gruppi di mammiferi, perchè nei *carnivori* vi sono canini molto lunghi ed appuntiti, e molari con corona a creste taglientì; negli *erbivori* i canini mancano od assomigliano agli incisivi, mentre i molari sono molto sviluppati per numero e

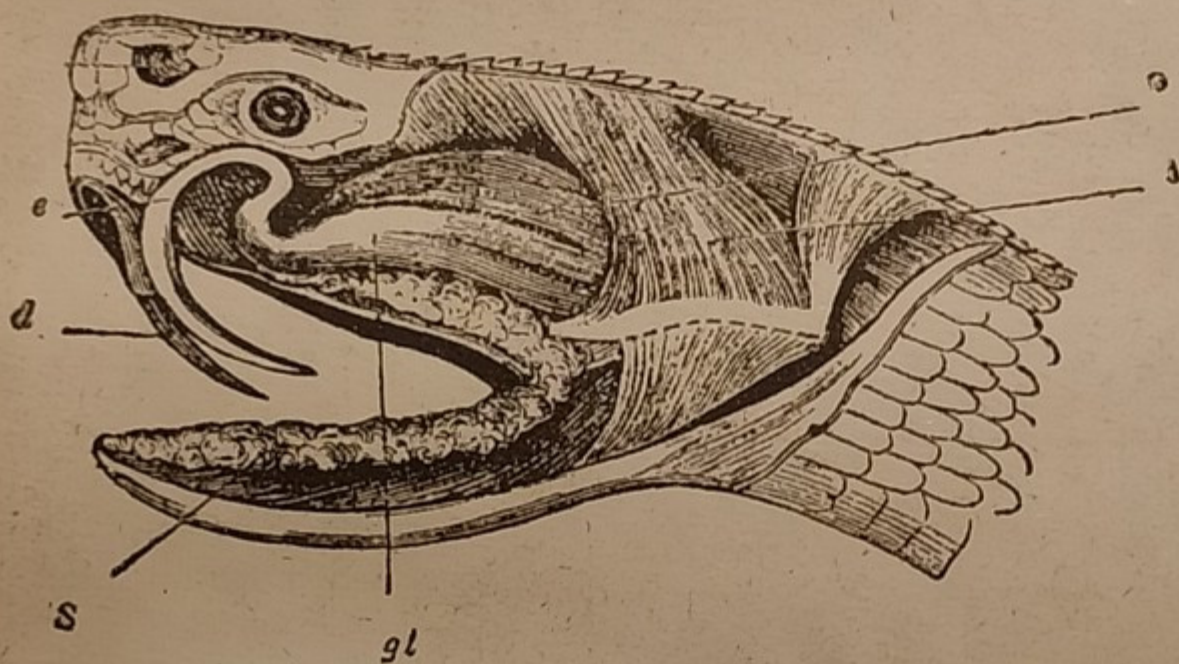



Fig. 39. - Denti e ghiandole del veleno in un serpente (*Crotalus*) : *s*, ghiandola salivale ; *gl*, ghiandola del veleno ; *e*, suo condotto escretore ; *d*, dente del veleno.

Fig 40. - Mandibola di un pesce cane (*a*, dente isolato).

per grandezza, ed hanno la corona con ampia superficie masticatoria, provvista di sporgenze bene adatte alla triturazione delle erbe ; nei *roditori* vi sono robusti denti incisivi, negli *insettivori* tutti denti piccoli e a punta acutissima.

Gli *uccelli viventi* sono tutti sdentati ed hanno le mascelle prolungate in un becco corneo che può talvolta servire a sminuzzare il cibo, ma non ad una vera masticazione ; tra i *fossili* abbiamo, per altro, esempi accertati di specie provviste di denti (v. fig. 112).

Tutti i *rettili*, ad eccezione delle *tartarughe*, posseggono denti appuntitì, simili, e saldati di solito alle mascelle senza approfondirsi in alveoli ; solo i *coccodrilli* hanno denti alveo-

lati. I *serpenti velenosi*, come le nostre vipere, hanno due denti speciali nella mascella superiore (fig. 39); sono articolati alla base e perciò erettili a volontà dell'animale, e si distinguono per essere più grandi degli altri, percorsi da un canalicolo posteriore per cui passa il veleno proveniente da una ghiandola speciale. Le *tartarughe*, che mancano di denti, hanno invece gli orli della bocca cornificati.

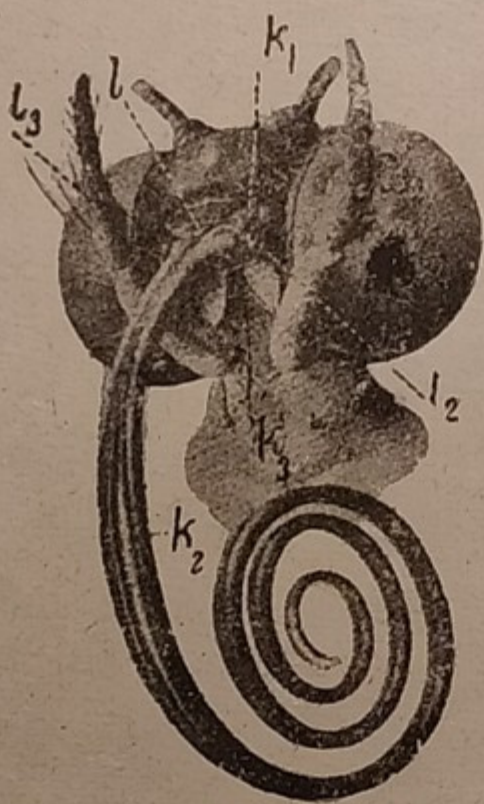



Fig. 41. - Testa di farfalla, con apparecchio boccale succhiatore a guisa di proboscide a spirale *k*, formata dalla fusione delle mascelle.

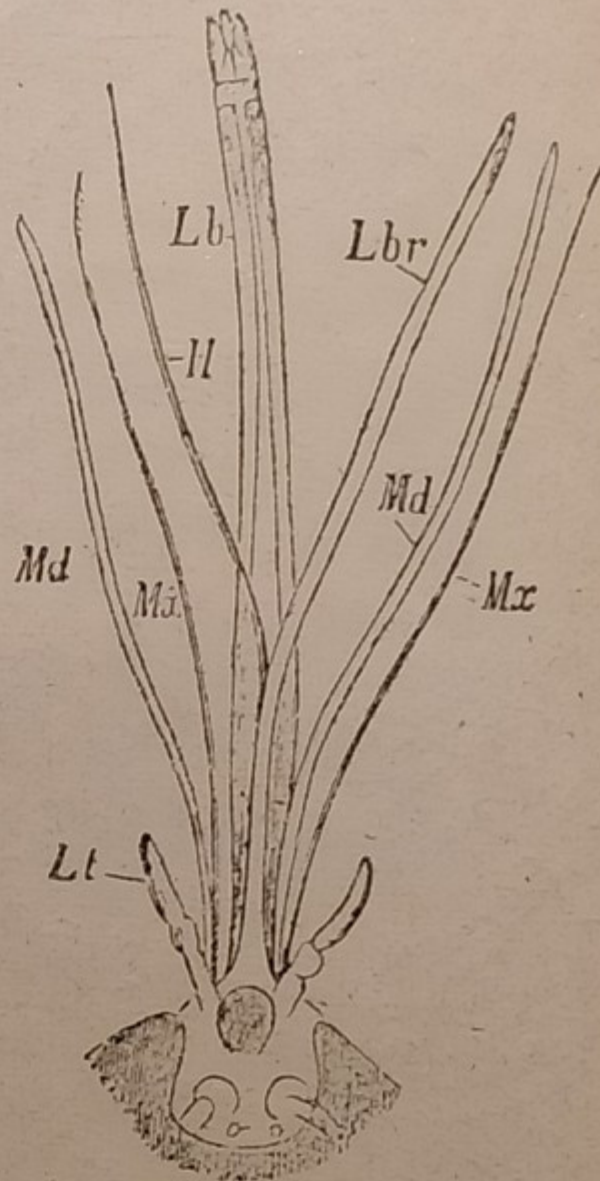



Fig. 42. - Apparecchio pungente. - succhiatore di zanzara: *Lb*, labbro inferiore trasformato in proboscide (diritta); *Lbr*, labbro superiore; *Md* ed *Mx*, mandibole e mascelle filiformi.

Gli *anfibi* hanno di solito piccoli denti, tutti simili e senza alveolo; ne hanno talora anche sul palato.

I *pesci* hanno pure denti simili, acuti, numerosi, talora in parecchie serie (fig. 40) e impiantati su diversi punti della cavità boccale e perfino nella faringe.

Negli *animali inferiori* non si hanno più veri denti, ma esistono corpi solidi di varia natura che ne fanno le veci. Negli *insetti* si hanno delle appendici articolate intorno alla bocca (indurite per la presenza di una particolare sostanza detta *chitina*) che formano un complesso *apparato masticatore* (fig. 44), oppure, per la fusione e per la trasformazione di dette appen-

dici boccali, si ha un *apparato succhiatore* di variabilissimo aspetto (fig. 41 e 42).

Nei *molluschi* si trova di solito un organo speciale formato da tanti minutissimi dentelli chitinosi disposti nella cavità boccale, sopra una specie di linguetta, e in modo da formare caratteristici disegni: è la cosidetta *radula*, che ha notevole im-

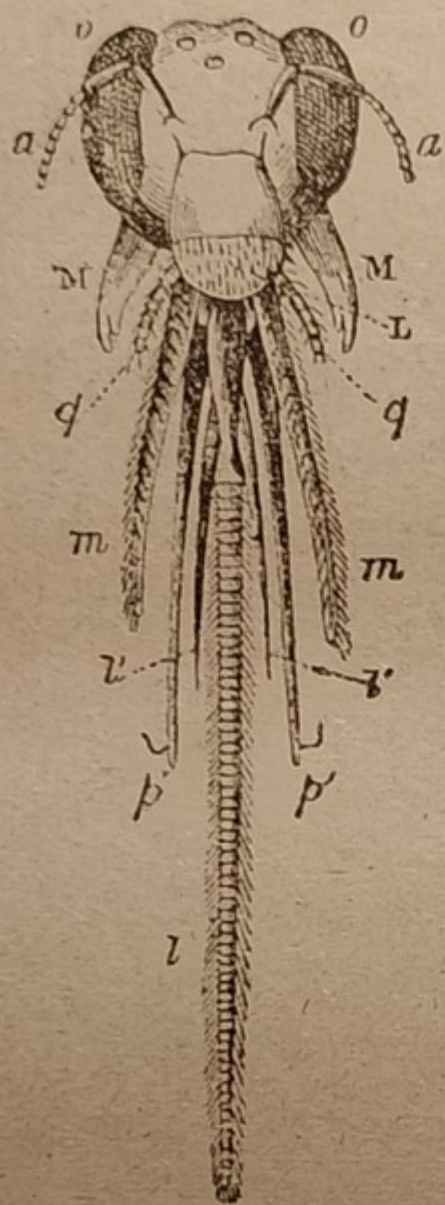



Fig. 43. - Appar. masticatore, - lambitore di un imenottero: *a*, antenne; *o*, occhio composto; *M*, mandibole; *L*, labbro superiore; *m*. mascelle; *q*, palpi mascellari *p*, palpi labiali; *l*, linguetta lambitrice.

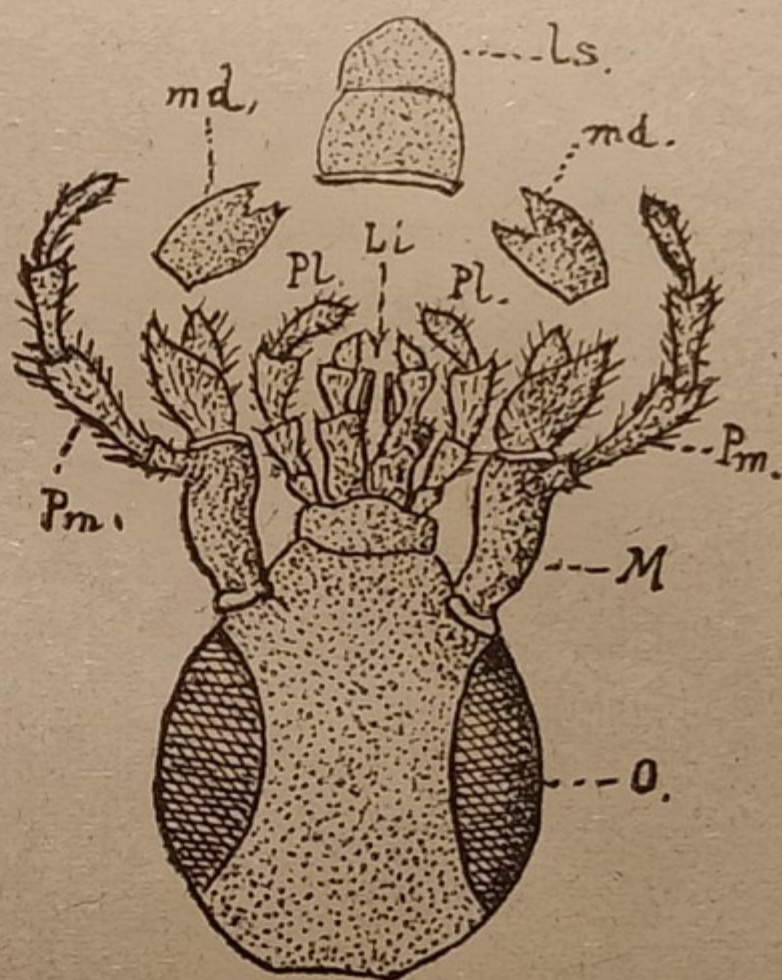



Fig. 44, - Appar. masticatore tipico di un coleottero (coi pezzi staccati): *ls*, labbro super.; *md*, mandibole; *M*, mascelle; *Pm*, palpi mascellari; *Li*, labbro infer. coi relativi palpi; *o*, occhi.

portanza anche per la classificazione di alcuni gruppi (fig. 45). Nei molluschi superiori, ossia nei *cefalopodi* (p. es. la *Seppia*) si trova inoltre una specie di becco corneo, nero, che ricorda per forma quello dei pappagalli, sebbene sia molto più sottile e quasi tutto nascosto dentro la bocca (fig. 46).

In certi *echinodermi* (per es. nei *ricci di mare*) vi è un organo masticatore molto voluminoso, formato da una quarantina di pezzetti calcari uniti fra loro in modo mobile, che ha avuto il nome di *lanterna di Aristotile* (fig. 47).

Piccoli uncini chitinosi si trovano persino nella cavità boccale o faringea di certi *vermi.*

La *lingua*, che si trova più o meno sviluppata in quasi tutti i vertebrati, tranne che nei *pesci* (dove è molto ridotta) e in pochi *anfibii* (per es. il *pipa* dove manca del tutto), è talvolta

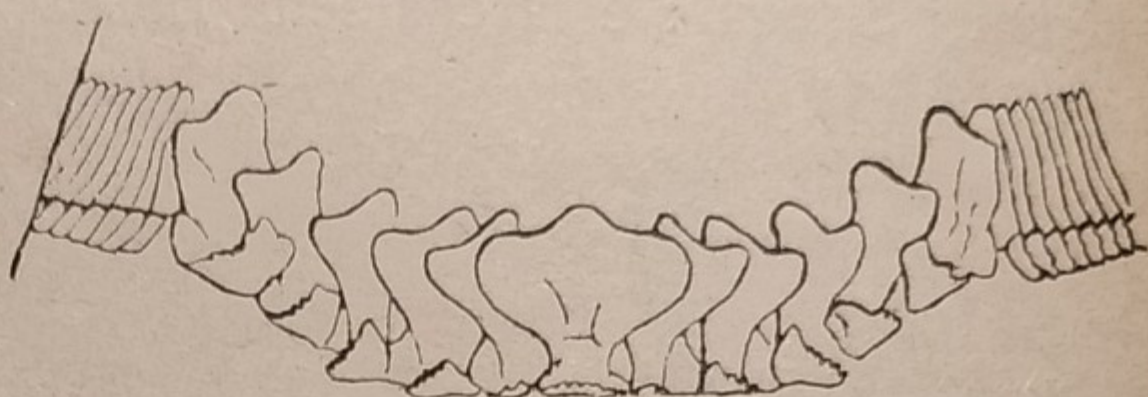



Fig. 45, (*a*, *b*). - Radule di Gasteropodi.

lungamente protrattile, come avviene nel *formichiere* tra i mammiferi, nel *picchio* tra gli uccelli, nel *camaleonte* tra i rettili (vedi figure nella parte sistematica); oppure è rovesciabile fuori

Fig. 46. - Becco di Cefalopodo.

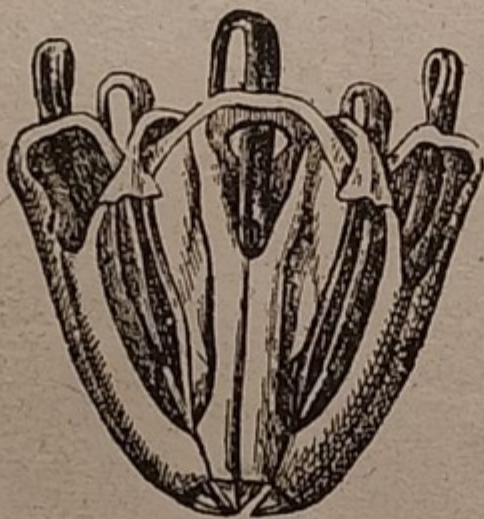



Fig. 47. - Lanterna di Aristotile.

Fig. 48. - Testa di serpente (lingua bifida).

della bocca, come nella *rana*; e in tutti questi casi serve alla cattura d'insetti o di altri piccoli animali. Nei *serpenti*, siccome è noto, la lingua è bifida (fig. 48).

Ghiandole salivali vere e proprie, tali che secernino un liquido digestivo, non si trovano (fra i vertebrati) che nei mammiferi, però ghiandole *boccali* secernenti muco si trovano anche negli uccelli, nei rettili e negli anfibii; ghiandole boccali velenifere abbiamo già notato come caratteristiche di certi serpenti, ed accenniamo che si trovano anche fra i ragni, i miriapodi, i cefalopodi. Sono ritenute per salivali certe ghiandole della cavità boccale o del primo tratto esofageo di molti invertebrati superiori, quali artropodi e molluschi; sono soprattutto notevoli negli insetti, dove il liquido è certamente digestivo.

Passando alle altre parti dell'apparecchio digerente, e incominciando da quello dei mammiferi, potremo notare la speciale conformazione dello *stomaco dei ruminanti* (per es. del *bue* e della *pecora*), che è suddiviso in quattro cavità: l'*òmaso*, l'*abomaso*, il *rùmine* ed il *reticolo*, diverse per grandezza, per forma, per istruttura e per funzione (fig. 49).

Questi caratteri sono in rapporto con il fenomeno della *ruminazione*. L'erba inghiottita rapidamente dall'animale, dopo una prima masticazione ed insalivazione molto imperfette, passa, per il tratto esofageo, nella cavità maggiore dello stomaco, cioè nel *rumine*, il quale non è che una specie di serbatoio; da questo passa poi gradatamente nel *reticolo*, dove subisce una lieve trasformazione per opera di ghiandole mucipare; e in seguito, per movimenti inversi (antiperistaltici) dei muscoli stomacali ed esofagei, rimonta nella bocca, dove subisce una completa masticazione; finalmente ritorna nello stomaco passando in modo diretto nelle altre cavità, l'*omaso* e l'*abomaso*, di cui l'ultima soltanto ha vero carattere di stomaco digerente, perchè contiene le ghiandole peptiche.

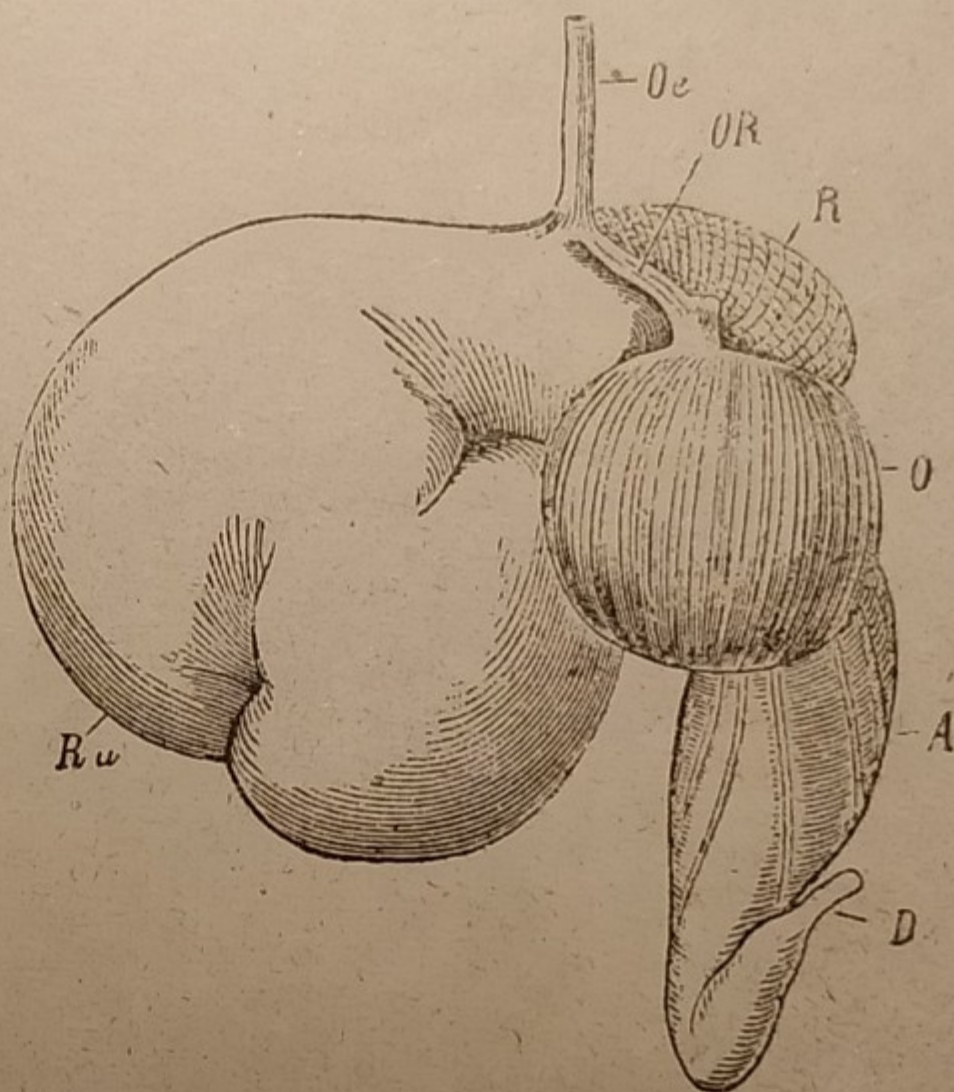



Fig. 49. - Stomaco di bue: *Oe*, esofago; *Ru*, rumine; *Or*, appendice dell'esofago; *R*, reticolo; *O*, Omaso; *A*, Abomaso; *D*, duodeno.

Lo stomaco più o meno complicato e concamerato si trova anche in altri gruppi di mammiferi, come per es. nei *cetacei*.

In quanto all'intestino propriamente detto diremo soltanto che il suo sviluppo in lunghezza è molto maggiore nei mammiferi erbivori che in quelli carnivori.

Negli *uccelli* è da notare che lungo il percorso dell'esofago esiste un diverticolo speciale, l'*ingluvie*, dove il cibo, non masticato nè insalivato regolarmente nella bocca, si ferma per qualche tempo e vi subisce una prima trasformazione meccanica e chimica, per opera del succo di certe ghiandole partico-

lari. Lo *stomaco* è nettamente diviso in due parti: una che precede (detta perciò *proventricolo*) e che è di forma allungata, a pareti di mediocre spessore, ma ricche di ghiandole; una successiva, molto più dilatata ed a pareti potentemente muscolose (*ventricolo*). La funzione chimica e quella meccanica sono dunque effettuate isolatamente: il proventricolo è una specie di stomaco chimico, ed il ventricolo è masticatore. L'*intestino* è anche diviso in *tenue* e *crasso*, ma in complesso è molto meno lungo che nei mammiferi; solo l'intestino cieco è generalmente molto sviluppato e sdoppiato sotto forma di due lunghe appendici (fig. 50).

Fig. 50. - Tubo digerente del gallo: *Oe*, esofago; *K*, ingluvie; *Dm*, proventricolo; *Km*, stomaco masticatore; *H*, fegato; *P*, pancreas; *D*, intestino tenue; *C*, fondi ciechi; *Ad*, intestino retto; *V*, ureteri; *Ov*, ovidotto; *Kl*, cloaca.

La lunghezza del tubo digerente si riduce sempre più discendendo ai vertebrati inferiori, ossia ai *rettili*, agli *anfibii* ed ai *pesci*; in questi ultimi non fa più che qualche ansa e sbocca con un'apertura anale collocata lungo la linea mediana ventrale, molto prima dell'estremità posteriore del corpo (fig. 51.) A compensare questa scarsa lunghezza, il tubo digerente dei *pesci cartilaginei* presenta nel suo interno una lamina sporgente della mucosa, che si dispone ad elica obbligando il contenuto intestinale a percorrere lunghi giri per superare

un breve tratto del tubo; è la cosidetta *valvola spirale* (figura 52).

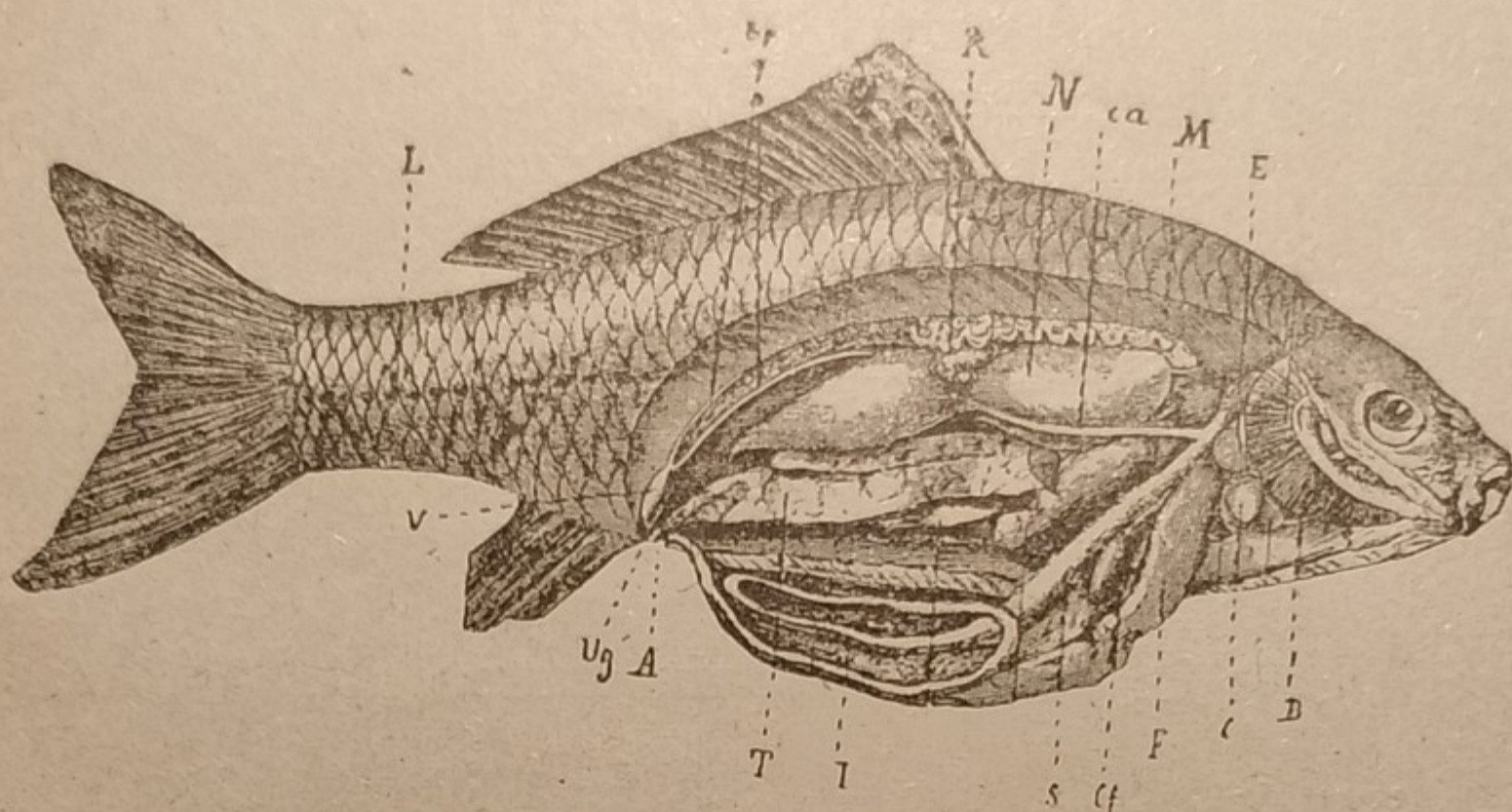



Fig. 51. - Visceri di un pesce (carpa) alquanto spostati: *B*, branchie; *c*, cuore; *E*, esofago; *F*, fegato; *M*, pareti muscolose del corpo; *cf*, cistifellea; *S*, stomaco; *ca*, canale aereo; *N*, vescica natatoria; *R*, rene; *I*, intestino; *T*, testicolo; *Ur*, ureteri; *V*, vescica; *A*, apertura anale e *Ug*, sbocchi uro-genitali; *L*, linea laterale.

Nei molti gruppi degli *invertebrati* si hanno variabilissime disposizioni dell'apparecchio digerente e infiniti gradi di sviluppo.

Qualche volta esiste un'evidente dilatazione che può a ragione prendere il nome di *stomaco*, anche per la sua particolare funzione meccanica e chimica: così è, per esempio, nei *crostacei* (come il *gambero*) dove si osservano sulle pareti dello stomaco dei caratteristici dentelli chitinosi atti a triturare il cibo. Negli *insetti* (fig. 53), il tubo digerente è diviso in tre regioni ben distinte per caratteri di forma e di struttura: l'intestino *anteriore*, che presenta qualche volta una specie *d'ingluvie*, ed ha spesso i caratteri di uno stomaco meccanico anche per la presenza di dentelli chitinosi nelle pareti; l'intestino *medio*, che ha invece il carattere di uno stomaco chimico, a pareti sottili ma ghiandolari, e l'intestino *posteriore*, che è contraddistinto dal fatto di ricevere al suo inizio, gli sbocchi di numerosi tubicini che rappresentano l'apparecchio escretore, e sono i notissimi *tubi malpighiani* (il nome è in onore del nostro illustre anatomico del seicento, Marcello Malpighi).

Fig. 52. - Tratto d'intestino di pesce cane, con valvola spirale.

Nei *vermi* è frequente il caso che il tubo digerente dia luogo

a tante appendici laterali a fondo cieco (per es. nelle *afroditi* e nelle *sanguisughe*, v. fig. 54); ma spesso corre diritto da un estremo all'altro del corpo senza presentare regioni ben distinte (es. *nematodi*); qualche volta ha una sola apertura, perchè manca l'ano, e allora si dice *incompleto* (per es. nei *trematodi*, dove ha pure la caratteristica di distribuirsi con complicate ramificazioni per tutte le parti del corpo — v. figura 55); altre volte finalmente, soprattutto per opera del parassitismo, si rende rudimentale

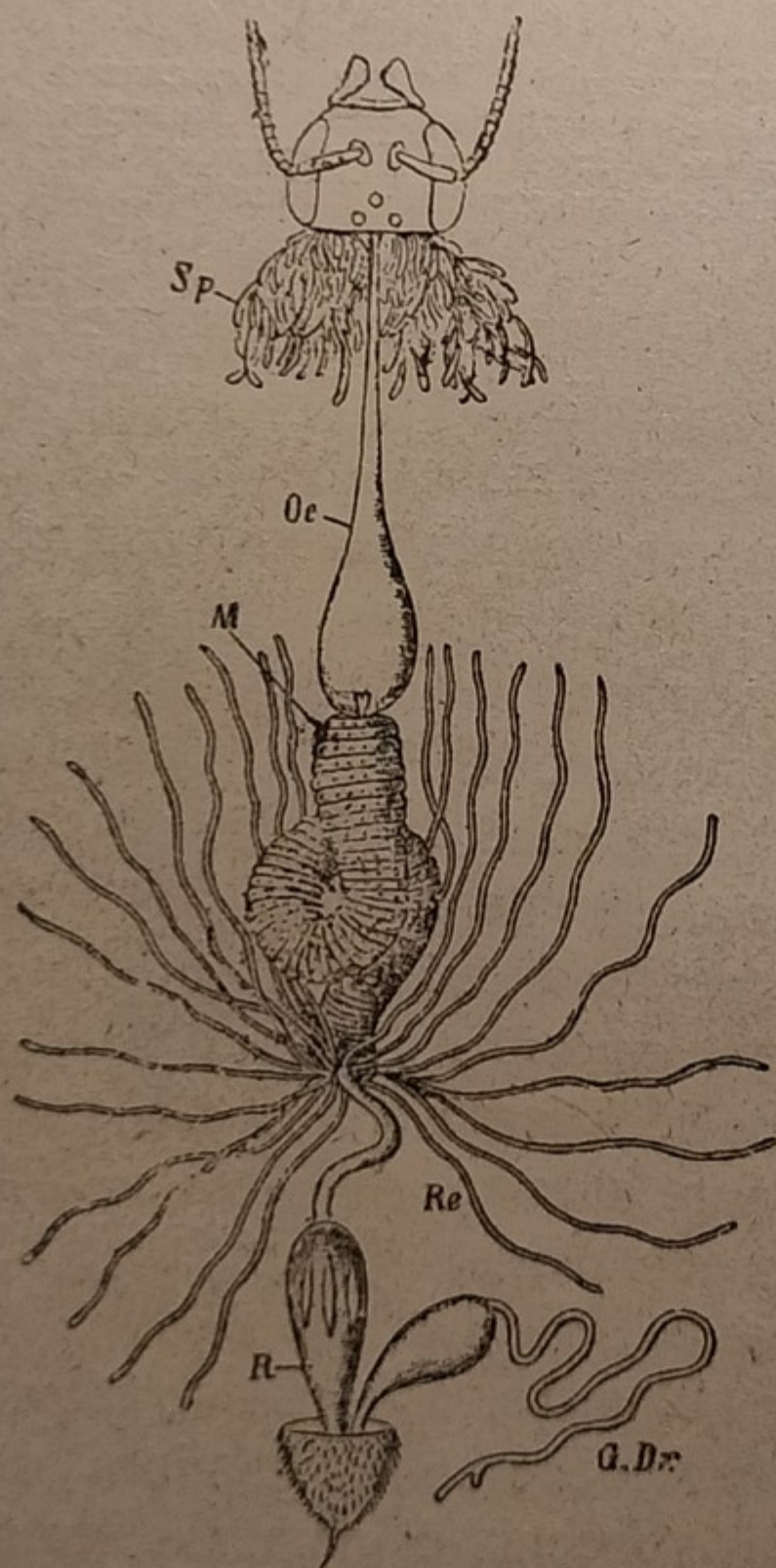



Fig. 53. - Apparecchio digerente di un insetto (ape): *Sp*, ghiandole salivali; *Oe*, esofago con ingluvie in basso; *M*, intestino medio o stomaco chilifico; *Re*, tupi Malpighiani; *R*, intestino retto]; *G*, *Dr*, ghiandola del veleno.

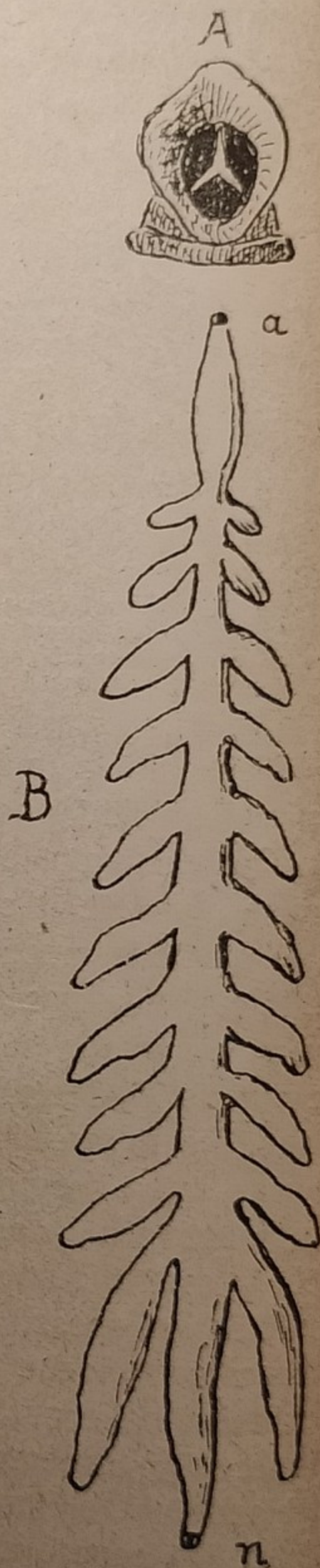



Fig. 54. - *A*, ventosa boccale di Sanguisuga con ubicazione delle lamine seghettate; *B*, intestino di Sanguisuga con fondi ciechi laterali; *a*, apertura boccale; *n*, ap. anale.

fino al punto di scomparire anche del tutto (come nei *cestodi*).

Nei *celenterati* e nelle *spugne* non si trova più un distinto apparecchio digerente, ma esiste in sua vece un caratteristico ap-

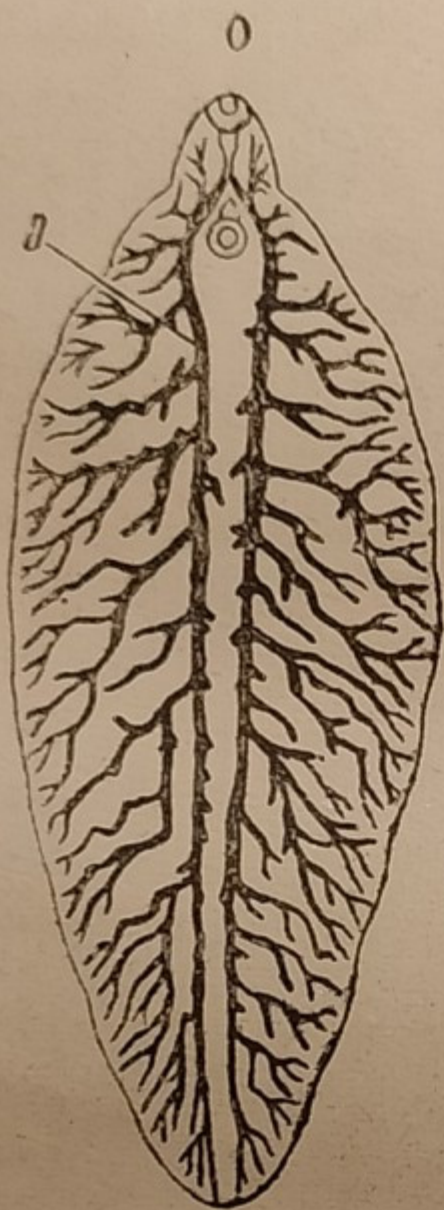



Fig. 55. - Intestino ramificato di Distoma epatico ingrand. 2 volte).

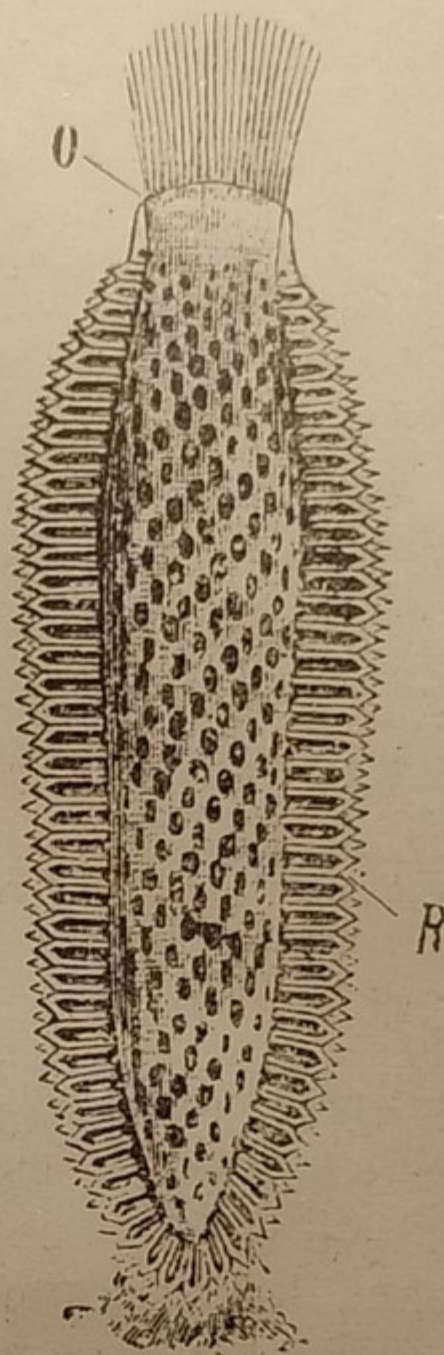



Fig. 56. - Spugna semplice (Sycon) in sezione: O, osculo con ciglia; R, pori inalanti con rispettivi canalicoli di sbocco nel la cavità generale.

parecchio *gàstro-vascolare* (fig. 56 e 57) che risulta di un sistema di canali e di cavità, comunicanti con l'esterno per una o per molte aperture, per cui scorre liberamente l'acqua dell'ambiente esterno (trattandosi sempre di forme acquatiche), distribuendo ai tessuti gli elementi nutritizii ed asportando quelli di rifiuto; qualche volta questo apparecchio non è soltanto individuale ma collettivo o meglio *coloniale*, perchè comune per tutta una colonia d'individui (fig. 57). È evidente che l'apparecchio stesso serve ad un tempo per tutte le funzioni di nutrizione in senso largo (digestione, circolazione, respirazione, escrezione) ed il fatto è certo in rapporto con il basso grado di elevazione di

questi animali, che non ha ancora resa necessaria una divisione di lavoro come quella che si riscontra nelle forme più progredite.

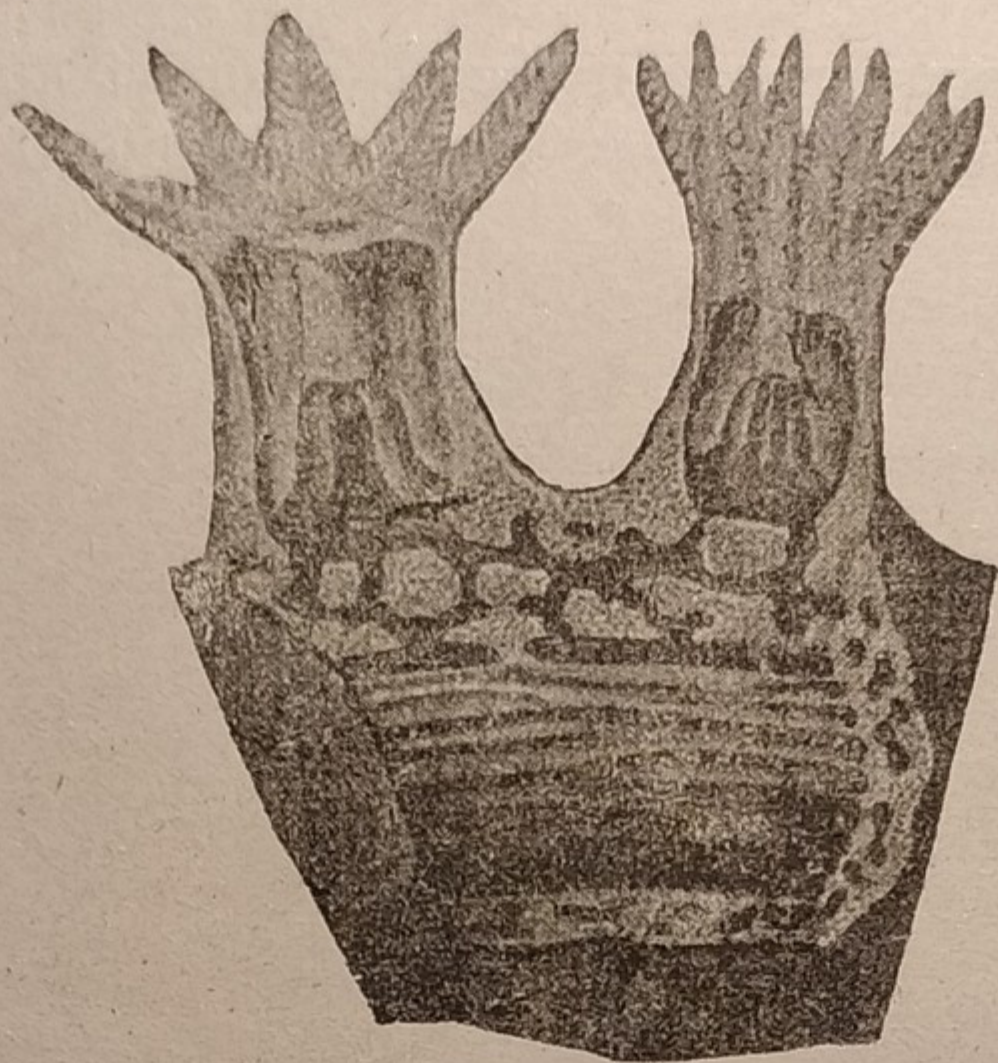



Fig. 57. - Tratto di polipaio di Corallo con canali di comunicazione tra le cavità gastrali dei diversi polipi (di cui due se ne vedono in semisezione).

Organi e funzioni di circolazione.

Nello studio particolareggiato dell'apparecchio digerente dell'uomo abbiamo visto che tutti i prodotti utilizzabili della digestione vanno a versarsi nell'apparecchio circolatorio, o per l'assorbimento diretto effettuato nei vasi sanguigni della mucosa intestinale, o per l'assorbimento indiretto effettuato per tramite dei vasi chiliferi e linfatici. Vediamo ora come sia fatto questo apparecchio di circolo e come funzioni nell'uomo e negli altri animali. Incominciamo dal liquido che vi è contenuto, ossia dal sangue.

Il *sangue* è un liquido nutritizio, caratteristico degli organismi animali, che serve a permettere la completa trasformazione chimica degli alimenti (necessaria per la loro definitiva assimilazione), a distribuirli regolarmente per tutte le parti del corpo, a raccogliere ed eliminare gli ultimi prodotti di rifiuto, a preparare nel tempo stesso i varii succhi digestivi che poi le ghiandole particolari completano e versano nei luoghi opportuni. Questo importantissimo liquido organico realizza in certo qual modo, nei limiti di vita dell'animale, quell'ideale obbiettivo meccanico di trasformare l'energia compensando automaticamente le dispersioni: una specie di moto perpetuo nella macchina vivente, la quale dimostra, anche per questa prerogativa, la sua sicura pertinenza ad un mondo ultra-meccanico.

Il sangue risulta di una massa liquida fondamentale, il *plasma*, in cui sono disseminati in numero stragrande dei minutis-

simi *corpuscoli* di varia forma e grandezza (1). Di solito il plasma è trasparente e quasi incoloro, ma una parte dei corpuscoli è colorata, e determina nel liquido complessivo un colore di massa caratteristico: nell'uomo e in tutti i vertebrati il sangue risulta rosso più o meno vivace. Il plasma è costituito in massima parte di acqua (circa 90 per cento) ma contiene pure delle sostanze inorganiche comuni, fra cui predomina il cloruro di sodio (0,5 per cento), e delle sostanze organiche svariate, con predominio di semplice albumina e di un albuminoide speciale detto fibrinogeno; tutte queste sostanze variano notevolmente di proporzione secondo che si esamini il sangue arterioso od il venoso. I corpuscoli sono generalmente delle semplici cellule il cui protoplasma, per altro, può differenziare notevolmente la sua struttura e la sua costituzione chimica, dando luogo a sostanze speciali ed assumendo attitudini funzionali ben distinte.

Fig. 58 - Elementi figurati del sangue umano: *c*, emazie (quella in mezzo è vista di profilo): *l*, leucociti; *p*, piastrine (tutti molto ingranditi ma sulla stessa scala).

Fra i cosidetti *corpuscoli* del sangue sono appunto importanti quelli che hanno valore accertato di *cellule*, ossia le *emazie* (dette anche *eritrociti* o *globuli rossi*) ed i *leucociti* (detti anche *globuli bianchi*, *amebociti* e *fagociti*).

Le *emazie* sono quelle che in tutti i vertebrati danno il color rosso al sangue, ma esistono anche negli invertebrati, dove

---

(1) Alcuni zoologi ed anatomici considerano il sangue come un tessuto ed interpretano il plasma come una sostanza intercellulare liquida; ma contro questo modo di vedere sta il fatto importante che le cellule del sangue sono diverse di origine, di forma, di struttura, di funzione, e conservano una notevole autonomia; cosicchè per poterli dire elementi di uno stesso tessuto bisognerebbe dare a questa parola « tessuto » una tale estensione di significato da non renderne più possibile una sicura definizione.

non sono mai rosse, perciò il nome di eritrociti (che vuol dire « cellule rosse ») è poco appropriato per la generalità.

Nell'uomo queste emazie hanno la forma di piccolissimi dischi concavi nel mezzo, ed hanno un diametro abbastanza costante di mm. 0,007 all'incirca. Contengono nel loro protoplasma una sostanza particolare, l'*emoglobina*, che dà appunto il color rosso ai corpuscoli, e che ha grande importanza nei fenomeni chimici della respirazione; essa contiene alla sua volta una piccola percentuale di ferro, certamente essenziale alla vita dell'organismo (come appare dai fenomeni patologici dell'anemia, sempre in rapporto con la diminuzione del ferro nel sangue) (1). Le emazie allo stato adulto sono prive di nucleo, cosicchè la loro natura cellulare non si mostra a tutta prima evidente, ma ora è noto che allo stato giovanile sono nucleate come le cellule ordinarie; esse si originano nel midollo delle ossa e probabilmente anche nella milza.

I *leucociti* non sono bianchi come il loro nome potrebbe far credere, ma incolori, e si distinguono dalle emazie anche per essere a forma più irregolare ed instabile, per avere solitamente dimensioni maggiori, per avere sempre un nucleo e talvolta più di uno, per essere invece privi di membrana. Sono soprattutto importanti perchè distruggono i bacteri patogeni, le cellule in decomposizione, le sastanze tossiche che spesso inquinano il sangue; e siccome questa distruzione si può effettuare per un inglobamento diretto nella loro massa, mediante gli speciali movimenti di cui sono dotati, fanno talora l'impressione di essere quasi dei protozoi (per es. amebe) o delle cellule visibilmente mangianti (onde anche il nome di *fagociti*). Ve ne sono di diverse forme e grandezze (anche nella linfa oltrecchè nel sangue) e si originano anch'esse nel midollo delle ossa e nella milza. Sono molto meno numerosi delle emazie, poichè se ne troverebbero da 8 a 10 mila per ogni millimetro cubo di sangue, in luogo di qualche milione come si crede che siano le emazie.

Fra gli elementi formati del sangue sono da ricordare anche le *piastrine* (o *ematoblasti* o *trombociti*) che sono ancora più piccole delle emazie, e che hanno l'aspetto di cellule nucleate

---

(1) È notevole il fatto che l'emoglobina, albuminoide complesso, è facilmente suscettibile di cristalizzare (in forme rombiche microscopiche).

e a contorni irregolari; ma la loro natura cellulare è tuttora molto discussa e la loro funzione al tutto incerta.

Fuori dei vasi, o anche sotto l'azione di sostanze speciali, il sangue si coagula, ossia si divide in una parte solida, fibrosa, rossa, più pesante, e una liquida, quasi incolora e più leggera. La prima detta *coàgulo* o *cruóre*, contiene tutte le cellule e anche il fibrinogeno trasformato in fibrina (detta così perchè foggiata a minute fibrille); la seconda, detta *siero*, contiene tutta la parte acquosa, con le sostanze inorganiche del plasma. Il fenomeno della coagulazione è provvidenziale per l'organismo che può così cicatrizzare facilmente le ferite superficiali.

In un uomo normale il volume complessivo del sangue è in media di *5 litri* all'incirca.

* * *

Nell'uomo e in tutti gli animali superiori il sangue è completamente racchiuso in un complicato sistema di vasi, dove circola senza interruzione per impulso regolare di un organo centrale che funziona come una specie di motore.

I vasi si distinguono in *arterie*, *vene e capillari* secondo la struttura e la funzione, e il motore centrale non è altro che il *cuore*.

Le *arterie* hanno le pareti elastiche, e contengono sangue con direzione centrifuga (che va dal cuore agli altri organi); le *vene* hanno pareti non elastiche, e sangue con direzione centripeta; i *capillari* hanno diametro piccolissimo e servono di transizione tra le arterie e le vene.

Fig. 59. - Cuore umano visto anteriormente: *Od*, orecchietta destra; *Os*, orecchietta sinistra; *Vd*, ventricolo destro; *Vs*, ventricalo sinistro; *A*, aorta; *Cs*, vena cava superiore; *Ap*, arteria polmonale; *ac*, arteria coronaria.

Il cuore è un organo cavo e sempre concamerato negli animali superiori; dovendo servire come motore perenne ha prevalentemente le pareti muscolose, e presenta gli sbocchi di origine e di scarico dei vasi maggiori.

Il cuore dell'uomo, grande come il pugno all'incirca, è alquanto piriforme, situato in mezzo alla cavità toracica, tra i due polmoni, con la parte più ristretta in basso, sensibilmente spostata verso sinistra (v. tav. I).

Nella sua struttura si distinguono con evidenza tre strati, che a partire dall'esterno sono: il *pericardio* (costituito da una membrana *sierosa*, cioè risultante, alla sua volta, di due stratelli connettivali rivestiti internamente da epitelio e separati da un liquido detto siero), il *miocardio* (di spessore di gran lunga predominante, e costituito di sole fibre muscolari striate), e l'*endocardio* (fatto di uno strato di connettivo molto sottile sormontato da un epitelio).

Internamente, un tramezzo longitudinale e uno trasversale dividono il cuore in *quattro cavità*: due superiori più piccole e a pareti più sottili, che si dicono *atrii* od *orecchiette*, e due inferiori più grandi e a pareti più spesse (soprattutto in quella di sinistra), che si dicono *ventricoli* (v. fig. 60). Tra le cavità di destra e quelle di sinistra non esiste comunicazione, mentre un foro per parte, munito di *valvola*, mette ogni orecchietta in comunicazione col sottostante ventricolo; tali valvole, di natura membranosa, sono disposte in modo da non permettere il passaggio inverso, dal ventricolo all'orecchietta, perchè si possono aprire solo dall'alto al basso. La valvola di sinistra si chiama *mitrale* (perchè la rispettiva membrana si divide in due lembi che ricordano la disposizione di una mitra), e quella di destra *tricuspidale* (perchè la membrana è a tre lobi). Le pareti delle orecchiette e quelle dei ventricoli si contraggono e si rilassano alternativamente: la contrazione si chiama *sistole* e il rilassamento *diàstole*. In un uomo adulto normale si hanno in media una settantina di sistoli alminuto primo, e altrettante diastoli.

Fig. 60. - Cuore in sezione schematica: *C.i*, vena cava inferiore; *C. s*, cava superiore; *T*, valvola tricuspidale; *M*, valvola mitrale; *v, p*, vene polmonari; *pc*, pericardio; *mc*, miocardio; *ec*, endocardio (le altre lettere come in figura precedente).

Volendo descrivere il circolo del sangue si può partire indifferentemente da una qualunque delle cavità, ma forse è più naturale e più facile il partire dal ventricolo sinistro. In questo si trova sempre sangue arterioso, che ad ogni sistole viene

spinto in una grossa arteria (*aòrta*) aperta nella parete superiore, e provveduta di speciali valvole (*semilunari*) atte ad impedire la discesa del sangue allorchè subentra una diastole. Uscita dal cuore (con un diametro di cm. 2,8) l'aorta si ripiega ad arco, s'impiccolisce un tantino e poi si ramifica ripetutamente, distribuendo tutto un sistema di vasi arteriosi, via via più piccoli e più fitti, per ogni parte del corpo (v. Tav. III).

Da questi il sangue prosegue per microscopici capillari che insensibilmente si continuano in piccole vene e poi in altre maggiori, fino a raccogliersi in due molto grosse (poco meno dell'aorta) che mettono nell'orecchietta destra: sono le due *vene cave*, *superiore* ed *inferiore*, con le quali si chiude la prima parte del circolo (*grande circolo*). Tornato così al cuore, il sangue che si è fatto venoso per avere scambiato coi varii tessuti dell'organismo elementi assimilabili per altri di rifiuto, deve rifarsi arterioso, ossia liberarsi dei rifiuti (che restando nel corpo diverrebbero dannosi) per provvedersi invece di nuovi materiali assimilabili; a questo scopo un'opportuna sistole dell'orecchietta destra spinge il sangue attraverso la valvola tricuspidale nel sottostante ventricolo in diastole, che subito dopo si contrae e manda il sangue stesso per una grossa arteria, detta *polmonare*, negli organi respiratorii, dove un'altra rete capillare permette lo scambio degli elementi gazosi (come vedremo trattando della respirazione), per cui il sangue, rifatto arterioso, ridiscende al cuore lungo le *vene polmonari*, sboccanti nell'orecchietta sinistra; una sistole di questa lo spinge finalmente nel sottostante ventricolo, attraverso la valvola mitrale. Si compie così la seconda parte del circolo (*piccolo circolo*), a cui segue ancora nello stesso ordine il giro di prima. Come si vede abbiamo qui una *doppia circolazione:* una dal cuore al corpo e viceversa (grande), e un'altra dal cuore ai polmoni e viceversa (piccola); nei due giri il sangue arterioso rimane completamente distinto da quello venoso, perchè quello è tutto nella parte sinistra del cuore, e questo nella parte destra; la circolazione perciò si dice anche *completa*. In questo schema descrittivo della circolazione abbiamo trascurato naturalmente i tronchi vascolari secondarii; ma ci sembra opportuno un accenno alle condizioni speciali del fegato (v. Tav. III): quest'organo riceve direttamente sangue arterioso dalle apposite *arterie* dette *epatiche*, e

sangue venoso indirettamente dalla grossa *vena porta* che raccoglie i tronchi provenienti dall'intestino, dallo stomaco, dal pancreas, dalla milza; nella massa del fegato tanto le arterie come le vene si ramificano in una rete di capillari che poi si raccolgono in *vene epatiche* che finalmente mettono nella *vena cava inferiore*.

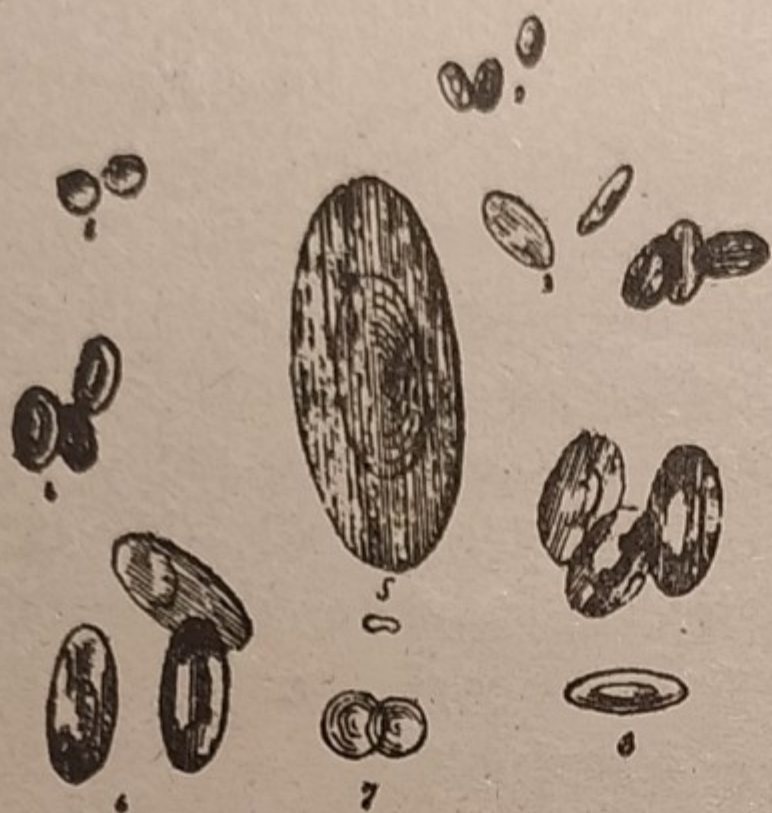



Fig. 61. - Emazie di alcuni vertebrati (ingrandimento uguale): 1, uomo; 2, cammello; 3, colombo; 4, Cobitis (pesce fisostoma); 5, Proteus (anfibio); 6, salamandra; 7, Ammocaetes (Ciclostoma) 8, rana.

Si noti che dai ventricoli partono arterie e che nelle orecchiette mettono vene; e si rilevi soprattutto che i vasi del piccolo circolo hanno nome contrario a quello del sangue che contengono: l'arteria polmonare (che ha pure le sue valvole come l'aorta) contiene sangue venoso, mentre le vene polmonari hanno sangue arterioso; ma la direzione è centrifuga in quella e centripeta in queste, per cui il loro nome è giustificato.

* * *

Salvo differenze di secondaria importanza, l'apparecchio circolatorio di tutti i *mammiferi* e degli *uccelli* è foggiato sullo schema descritto per l'uomo: il cuore ha sempre quattro cavità e la circolazione è sempre *doppia* e *completa*.

Si deve aggiungere che questi animali sono tutti *a sangue caldo* o, per meglio dire, *omotermi*, perchè hanno il sangue a temperatura *costante* (ossia indipendente — entro certi limiti — dalle variazioni di temperatura dell'ambiente esterno); mentre gli altri vertebrati sono invece *a sangue freddo* o, per meglio dire, *eterotermi*, perchè hanno il sangue a temperatura *variabile* (sensibile all'influenza di temperatura dell'ambiente).

I corpuscoli rossi e i corpuscoli bianchi hanno nei diversi gruppi differenze sensibili di forma e di grandezza, per cui non è impossibile in certi casi riconoscere dall'esame del sangue la

specie del corrispondente animale. Il fatto ha grande importanza nella medicina legale, perchè si puo distinguere il sangue umano anche su poche goccie cadute da tempo sopra un oggetto qualunque. »

Nei *rettili* il cuore ha ancora quattro cavità ma il tramezzo che separa i due ventricoli è incompleto e siccome nei ventricoli si mescola così il sangue venoso con l'arterioso, la circolazione riesce doppia ma incompleta.

I *coccodrilli* farebbero eccezione perchè hanno i ventricoli al tutto divisi, ma il sangue si mescola ugualmente per la strana comunicazione di due vasi con le pareti a contatto perforate.

Negli *anfibii adulti* il cuore ha un solo ventricolo e la circolazione è ancora doppia ma incompleta.

Fig. 62. – Schema della circolazione di un anfibio adulto.

Negli *anfibii giovani* e nei *pesci* il cuore non ha che due sole cavità (un'orecchietta e un ventricolo) e la circolazione è *completa* ma *semplice*: il sangue venoso esce dal cuore e si porta agli organi respiratorii, poi, fattosi arterioso, non ritorna subito al cuore ma va per tutti i tessuti, ridiventa venoso e ritorna al cuore. Vi è dunque un solo giro ed il cuore è completamente venoso (v. fig. 63).

Negli *invertebrati* vi sono condizioni molto variabili. In certi gruppi, come nei *cefalopodi*, il cuore è ancora un organo massiccio e concamerato; in certi altri, come negli *insetti*, il cuore non è che un *tubo* pulsante più grosso degli altri, cioè una specie di arteria principale. Di solito la circolazione non è chiusa, ma *lacunare*, poichè il sangue (non più rosso) esce anche dai vasi per penetrare negli innumerevoli interstizii o lacune dei varii organi. Ma il carattere differenziale più notevole è quello che riguarda la posizione dell'apparecchio in confronto con gli altri organi (v. figura 64): il cuore ed i vasi maggiori, che nei *vertebrati* sono disposti verso il lato *ventrale* del corpo (in contrapposto con il sistema nervoso che è dorsale), sono invece disposti verso il lato *dorsale* in tutti gli *invertebrati* (e

qui pure in contrapposto con il sistema nervoso). Nei *platelminti*, nei *celenterati* e nelle *spugne* non esiste più un apparecchio circolatorio distinto.

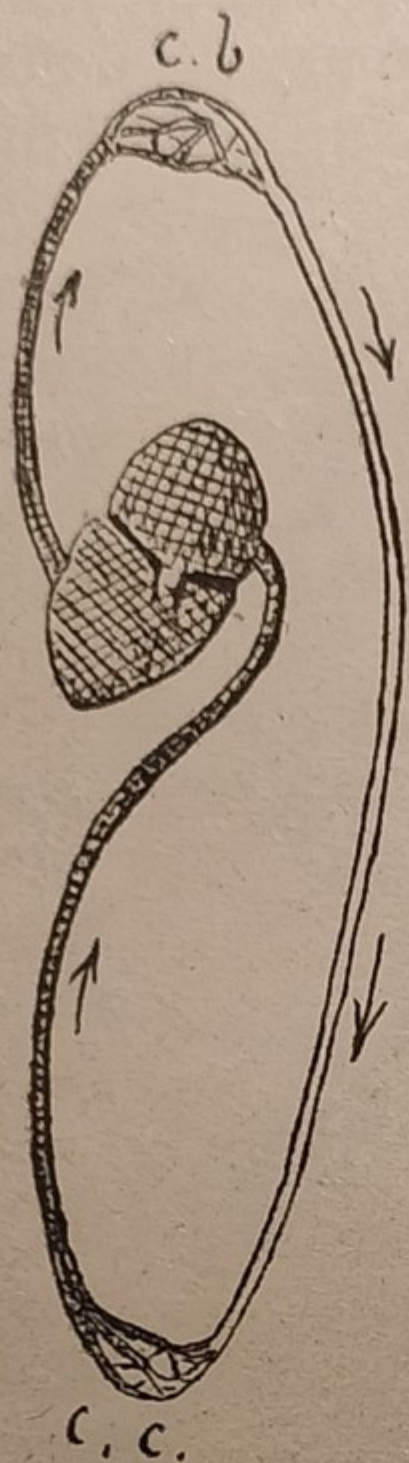



Fig. 63. - Schema della circolazione di un pesce.

ORGANI E FUNZIONI DI RESPIRAZIONE.

La respirazione è un regolare *scambio gazoso* fra l'organismo e l'ambiente, e consiste essenzialmente nella introduzione di *ossigeno* e nella emissione di *anidride carbonica* e di *vapor d'acqua*. Questo scambio si può effettuare in piccola parte per tutta la superficie del corpo, specie negli animali dove la pelle è nuda come negli anfibii (per es. nelle rane), e si tratta in tal caso di una respirazione *cutanea*. Ma l'importante funzione si compie normalmente in organi appositi, che si presentano foggiati su tre schemi fondamentali ben distinti: quello dei *polmoni*, quello delle *branchie*, e quello delle *trachee*.

Come è noto, l'*uomo* respira per *due polmoni*. Questi organi occupano nel nostro corpo uno spazio considerevole, cioè la massima parte della cavità toracica (v. Tav. I).

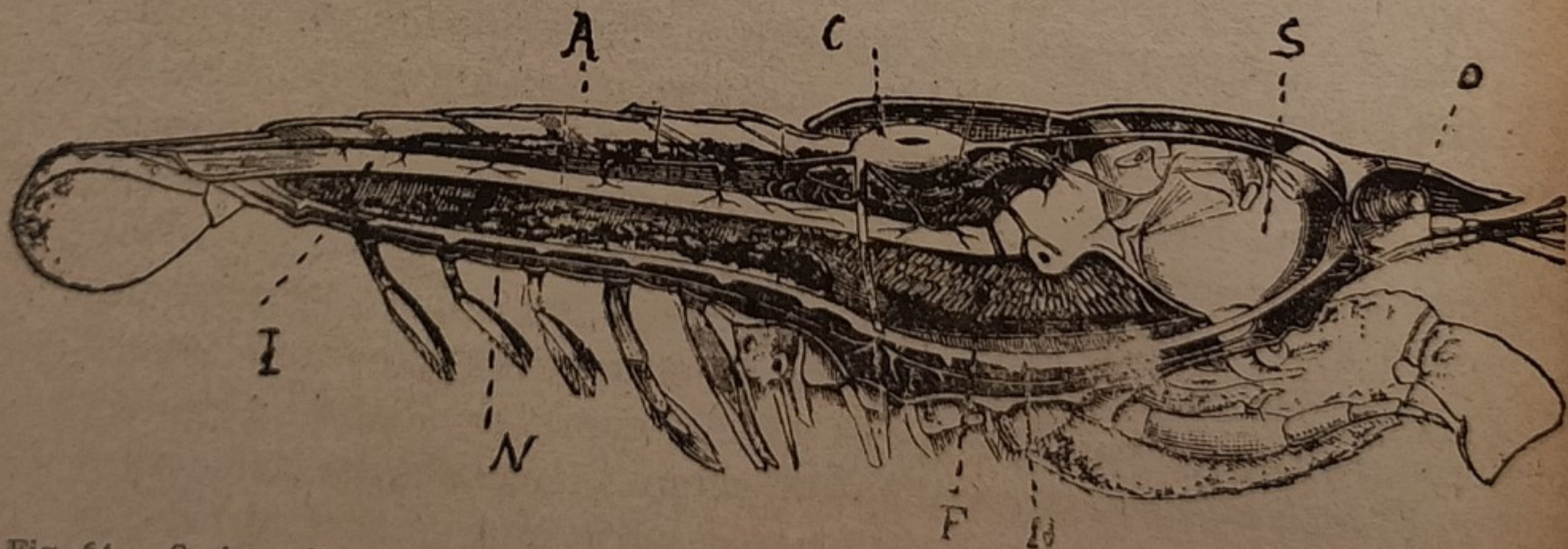



Fig. 64. - Sezione di un Gambero per dimostrare la posizione relativa dei visceri : A, arteria principale ; C, cuore ; S, stomaco ; O, occhi ; F, fegato ; I, intestino ; N, catena nervosa principale.

Sono uno a destra e l'altro a sinistra, con la forma approssimativa di coni longitudinalmente sezionati, con la parte più ampia, o *base*, appoggiata al diaframma, e con *apice* in alto, alla sommità della cassa toracica; mentre gran parte della loro superficie è convessa, quella per cui stanno di fronte l'uno all'altro è invece concava ed aderente al cuore, come concava è anche la base aderente al diaframma. Hanno colore vario secondo l'età, passando dal roseo, che presentano nei fanciulli, al grigio chiaro e poi al grigio scuro, ed hanno la superficie percorsa da tanti lievissimi solchi intrecciati fra loro, e da alcuni notevolmente più profondi, che permettono di distinguere nella massa del polmone due o tre lobi particolari (due nel sinistro e tre nel destro). Tutto il polmone è rivestito da una membrana sierosa che già conosciamo, la *pleura*; di cui il foglietto esterno è aderente alla superficie interna della cavità toracica.

La sostanza del polmone appare spugnosa e leggera per la sua particolare costituzione: tenuta insieme da un semplice connettivo, a fibre molto elastiche, vi è una fitta trama di tubi grandi, piccoli e capillari, infinitamente ramificati, gli uni contenenti *sangue*, gli altri *aria*; i primi non sono che le ramificazioni della *arteria* e delle *vene polmonari*; i secondi sono la continuazione dei *grossi bronchi*, che insieme alla *trachea* da cui si originano, e alla *laringe*, alla *faringe*, alle *cavità nasali*, costituiscono le *vie respiratorie*, di cui ora tratteremo particolarmente.

Noi possiamo respirare a bocca chiusa perchè l'aria, per andare ai polmoni, passa normalmente per le *narici*, le quali hanno nella *faringe* i loro sbocchi particolari che sono le *coane*. Sappiamo già che in fondo al breve tratto faringeo vi è un bivio: posteriormente si apre l'esofago che va allo stomaco, anteriormente la *laringe*, che poi si continua con la *trachea* e coi *bronchi*.

L'apertura della laringe nella cavità faringea è protetta da una laminetta cartilaginea detta *epiglottide* che la chiude nell'atto della deglutizione.

La *laringe* occupa la regione del collo (fig. 65), ed è un tubo a pareti robuste perchè rafforzate da speciali cartilagini (di cui una anteriore angolosa, detta *tiroide*, si sente facilmente dal di

fuori e forma il cosidetto *pomo d'Adamo*); internamente è rivestita da una mucosa con epitelio vibratile e ghiandolare: le ciglia dell'epitelio servono, come il muco delle ghiandole, a impedire la penetrazione di ogni più piccola particella solida o liquida nelle parti più internedell'apparecchio respiratorio.

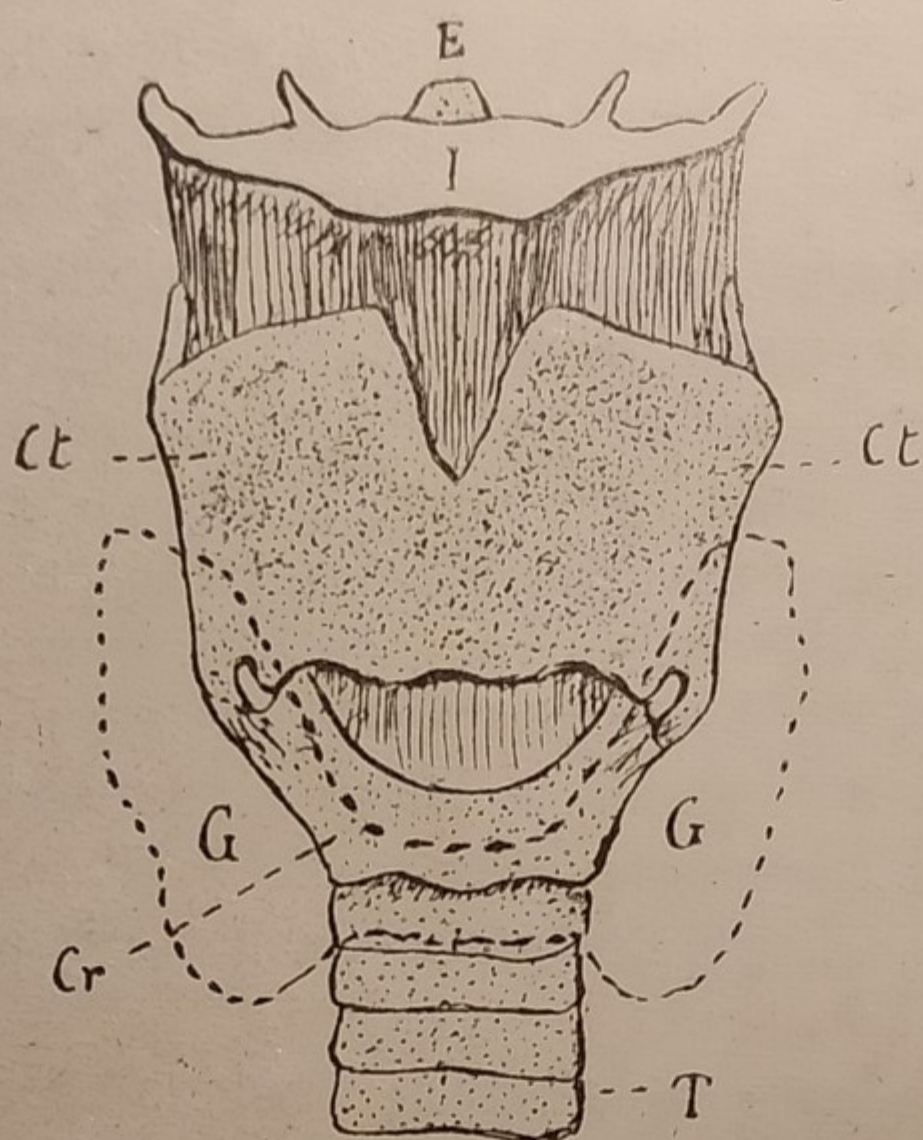



Fig. 65. - Laringe umana vista di fronte: E, parte superiore dell'epiglottide; I, osso joide; *ct*, cartilagini tiroidi; *Cr*, cartilagine cricoide; G, ghiandola tiroide (biloba): appena accennata nella sua posizione; T, trachea.

Nel passare per la laringe l'aria può essere sfruttata per la produzione di suoni, e così quest'organo può anche considerarsi come caratteristico della *voce*. A questo scopo si trovano nell'interno disposizioni notevoli: la mucosa si solleva dalle pareti in modo da costituire due laminette per parte, volte verso l'interno del tubo, a breve di stanza le une dalle altre (v. fig. 27 g.; e 66).

Le due laminette superiori si chiamano *false corde vocali*,

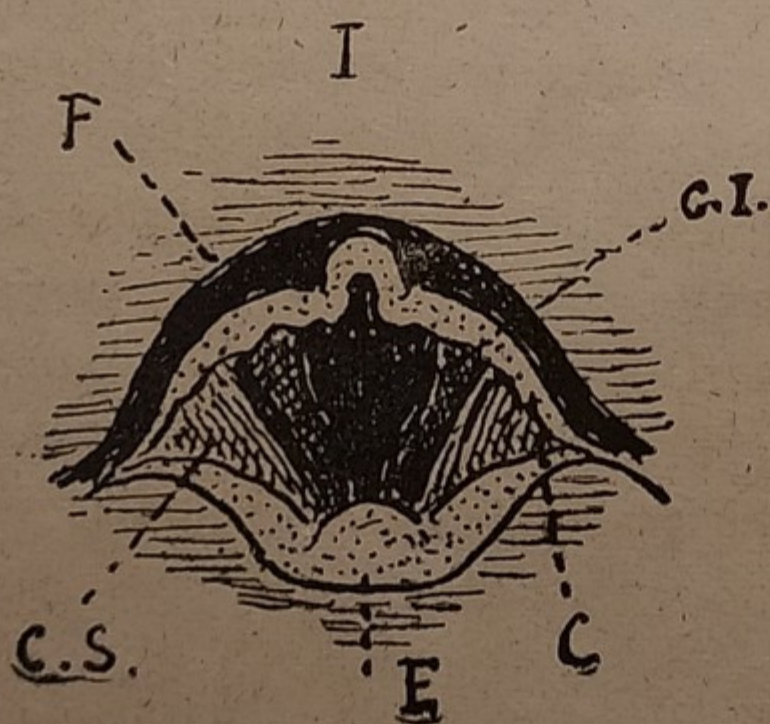



Fig. 66, I. - Sezione schematica della laringe in corrispondenza delle corde vocali: E, epiglottide; F, apertnra della faringe; C, cartilagini; C. S., corde vocali superiort; C. I., corde vocali inferiori (la fig. rappresenta l'organo in riposo).

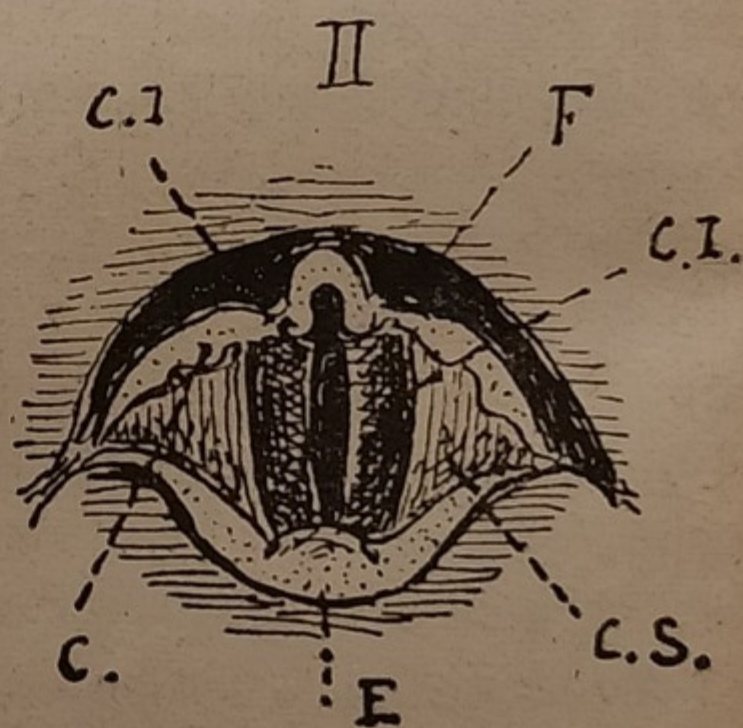



Fig- 66, II. - Come la precedente ma con le corde tese durante l'emissione di suoni.

lasciano fra loro un passaggio discretamente ampio, e non con

corrono che indirettamente alla produzione dei suoni; le due inferiori sono le *vere corde vocali* e lasciano fra loro una stretta fessura (*glottide*) che varia però di ampiezza e di forma secondo i casi; quando queste sono rilassate l'aria passa per la glottide relativamente aperta senza farle vibrare, ma quando, a volontà dell'organismo (per azione di muscoli speciali che sono nelle corde stesse), le corde diventano tese e la glottide molto stretta, allora l'aria proveniente dai *polmoni* fa vibrare più o meno velocemente le corde producendo suoni più o meno alti. A questo scopo occorre però, come negli strumenti musicali, anche una *cassa sonora*, e qui funziona come tale la cavità complessiva della trachea, della laringe, della faringe e della bocca, mentre i polmoni funzionano come un mantice. S'intende poi che i suoni non diventano sillabe e parole se non col concorso attivo di altri movimenti muscolari, della lingua e delle pareti della bocca e della faringe. La disciplina di queste meravigliose attitudini, che costituiscono una delle più alte prerogative della specie umana, si effettua però per opera del cervello, da cui partono per la via dei nervi gli stimoli destinati alle opportune contrazioni dei muscoli; tanto è vero che in certe meccaniche lesioni del cervello si può perdere improvvisamente l'attitudine di parlare senza che si verifichi nessuna lesione negli organi vocali.

Fig. 67. - Distribuzione dei bronchi nelle masse polmonari.

La laringe si continua con la *trachea*, che è un tubo di calibro alquanto minore, diretto verticalmente in basso, e tenuto sempre aperto per la rigidità delle pareti, che sono provviste di una serie di anelli cartilaginei posteriormente interrotti, ed hanno pure una mucosa con epitelio ghiandolare e vibratile. Dopo un percorso di una dozzina di centimetri, la trachea si sdoppia in due tubi un tantino più piccoli ma di analoga strut-

tura, che sono i *grossi bronchi*. Questi si addentrano tosto nei polmoni, si ramificano ripetutamente in canali sempre più piccoli e a pareti più sottili (*piccoli bronchi*), fino a diventare *capillari*; allora non hanno più traccia di cartilagine, e finiscono per dilatarsi in tante piccolissime cavità ripetutamente concamerate alla loro volta, che si chiamano *lobuli polmonari*; ognuno di questi è diviso in parecchi *infundiboli*, e ogni infundibolo in parecchie camerette microscopiche dette *alveoli* (v. fig. 68), a fondo cieco, ma comunicanti tutti fra loro perchè aperti internamente nella cavità comune a tutto un lobulo.

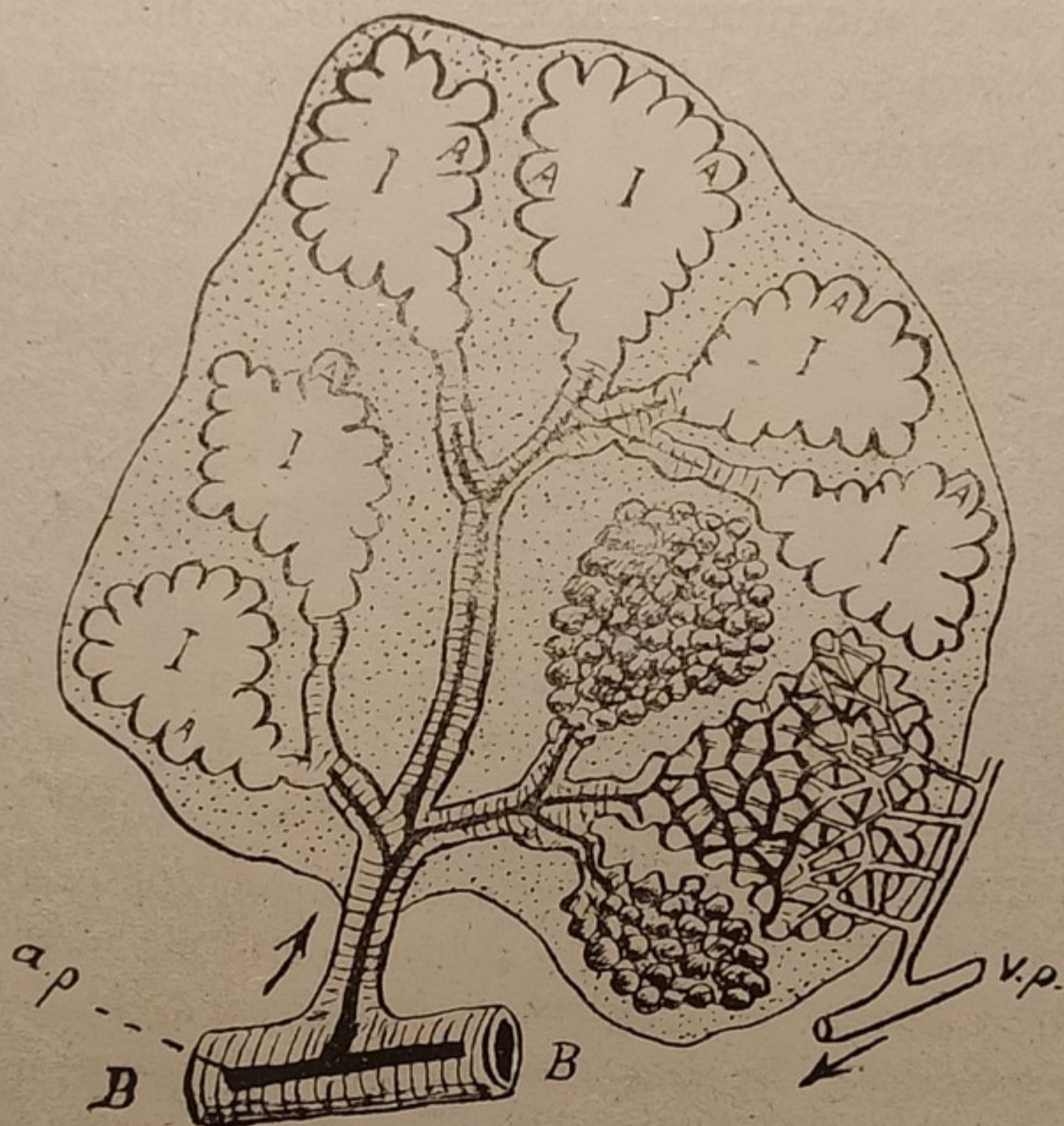



Fig. 68. - Figura molto schematica ed ingrandita di un lobulo polmonare coi relativi infundiboli (I) ed alveoli (A): B, vaso bronchiale; v, p. vasi sanguigni venosi in rete capillare circondante i lobuli; a p ramo dell'arteria polmonare. (N. B. - La rete vascolare s'intende continuata in tutti gli infondiboli.

Attorno a queste varie concamerazioni si distribuiscono numerosi *capillari sanguigni*, e attraverso alle pareti esilissime di questi o di quelle si effettua per assorbimento lo scambio gazoso.

* * *

I polmoni non hanno muscoli proprii, e perciò non possono funzionare *meccanicamente* come il cuore; le loro ritmiche contrazioni sono *passive*, cioè determinate dai restringimenti e dalle dilatazioni alternate della cavità toracica, per opera attiva del muscolo diaframma (che si alza e si abbassa) e dei muscoli intercostali (che alzano od abbassano le coste).

Naturalmente, quando il diaframma si alza e le coste si abbassano la cavità toracica si fa dunque più breve e più stretta, perciò i polmoni *subiscono* una contrazione che obbliga l'aria in essi contenuta ad uscire; e quando il diaframma si abbassa e le coste si alzano la cavità si fa più lunga e più ampia, ed i polmoni ne seguono la dilatazione determinando un'introduzione di aria. Ogni *atto respiratorio* si fa dunque in due tempi: uno di *inspirazione* e uno di *espirazione;* e in un uomo normale si compiono in media 16 atti completi al minuto.

Essendo la respirazione un atto meccanicamente passivo per i polmoni, si capisce come sia possibile in certi casi (per es. nell'asfissia per subita sommersione) praticare una *respirazione artificiale,* provocando nell'individuo colpito dei movimenti della cassa toracica secondo norme opportune già sperimentalmente provate, e che sono esposte in tutti i libri anche elementari sui soccorsi d'urgenza.

In quanto al *chimismo* della respirazione ci limiteremo a dire che se l'aria penetrata nelle terminazioni bronchiali cede l'*ossigeno* al sangue, è perchè l'*emoglobina* dei corpuscoli rossi ne è estremamente avida, tendendo a trasformarsi in un composto più ossigenato che si chiama *ossi-emoglobina*. Quando poi il sangue è spinto nei tessuti, questa ossiemoglobina cede il suo nuovo ossigeno alle cellule che ne hanno bisogno e si riduce ancora in semplice emoglobina, mentre l'*anidride carbonica* e il *vapor d'acqua* che le cellule hanno in eccesso sono ceduti al plasma del sangue; il quale, nel tornare agli organi respiratorii, li abbandona all'aria, nel tempo stesso che rinnova la provvista di ossigeno. Lo scambio che si effettua nei polmoni, e per il quale il sangue venoso (relativamente con molta anidride carbonica e vapor d'acqua) si trasforma in arterioso (con molto ossigeno), costituisce la cosidetta *respirazione esterna*, mentre lo scambio che si effettua nei tessuti, e per il quale il sangue arterioso cede il suo ossigeno e si carica di anidride carbonica e di vapor d'acqua, costituisce la *respirazione interna* (1).

---

(1) Durante un'espirazione vengono emessi circa 400 $cm.^3$ d'aria. Nell'aria espirata si trova in media il 16,50 % di Ossigeno e il 3,50 % di anidride carbonica, mentre nell'aria comune vi è il 20,93 % di Ossigeno e solo il 0,03 % di anidride. In quanto al vapor d'acqua la proporzione varia moltissimo, specialmente in rapporto con la temperatura.

* * *

La respirazione *polmonare* come quella dell'uomo si riscontra in tutti i *mammiferi*, negli *uccelli*, nei *rettili*, negli *anfibii adulti*, ma gli organi respiratorii possono subire notevoli modificazioni.

Negli *uccelli* hanno molta importanza le cosidette *tasche aeree*, che sono specie di sacchi più o meno grandi ma semplici, che comunicando coi polmoni si riempiono d'aria, e distribuendosi per le varie parti del corpo e perfino dentro le ossa lunghe, costituiscono delle specie di serbatoi che possono automaticamente caricarsi e scaricarsi nei polmoni stessi per virtù dei movimenti del volo. Questa disposizione permette agli uccelli di spostarsi rapidamente in senso orizzontale o verticale senza aver disturbata la respirazione.

Nei *rettili* i polmoni incominciano a semplificarsi per una più limitata ramificazione dei bronchi ; e in alcuni gruppi, come nei *serpenti*, per adattarsi alla forma del corpo lungo e stretto, uno dei polmoni si rende rudimentale, e l'altro si sviluppa molto e specialmente in lunghezza (il *destro*).

Negli *anfibii* i polmoni sono quasi ridotti a semplici sacchi poco o punto ramificati, e sono notevoli alcuni fatti, come la respirazione branchiale delle forme giovanili, l'importanza della respirazione cutanea, il modo speciale d'introduzione dell'aria mediante una vera deglutizione.

Nei *pesci* e in molti gruppi di animali invertebrati la respirazione si effettua in modo analogo chimicamente ma diverso meccanicamente, per mezzo di *branchie* che sono tipici organi di respirazione *acquatica*. Non è forse inutile insistere nell'osservazione che gli animali respiranti nell'acqua non traggono da questa l'ossigeno che vi è combinato, ma *sempre dall'aria*, che in quantità più o meno grande si trova disciolta nell'acqua stessa.

Le branchie in genere hanno la forma di laminette frangiate a guisa di pettini e raggruppate insieme dentro apposite cavità che si chiamano *camere branchiali* (v. fig. 46), in cui l'acqua può liberamente circolare; oppure hanno la forma di appendici filiformi riunite in ciuffi dentro le camere stesse o distribuite variamente sulla superficie del corpo (fig. 69). In quelle laminette o in questi filamenti penetra una rete di vasi sanguigni,

che, per le pareti esilissime da cui sono separati dall'acqua, possono effettuare con questa lo scambio gazoso.

Nei *pesci ossei* le camere branchiali sono collocate ai lati del corpo un po' indietro, e comunicano internamente con la

Fig. 69. - Arenicola piscatorum (con branchie dorsali a ciuffo).

bocca, mentre si aprono all'esterno con una fenditura chiudibile mediante una specie di sportello chiamato *opercolo*. Ma nei pesci cartilaginei, invece di quest'unica fenditura opercolata, a ciascun lato della testa vi è una doppia serie di fessure branchiali o di forellini senza opercolo di sorta. Va ricordato che in certi pesci superiori, i *dipnoi* (fig. 70), un organo speciale, la *vescica natatoria* (che nei pesci comuni ha il semplice valore idrostatico di una camera d'aria) viene sfruttato come una specie di polmone quando le branchie non possono funzionare per il prosciugamento dei fiumi in cui vivono.

Sono provvisti di branchie di varia forma tutti i *crostacei*, quasi tutti i *molluschi* e parte dei vermi superiori od *anellidi*.

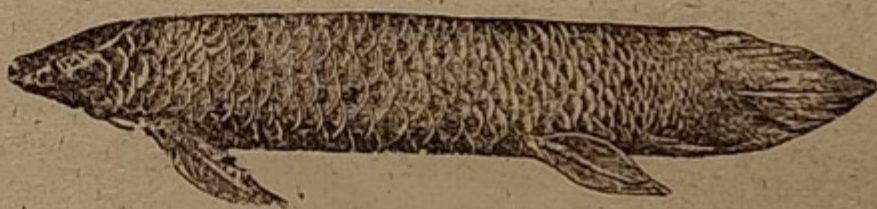



Fig. 70. - *Ceratodus miolepis* (Dipnoi).

Fra i molluschi, il gruppo, dei cosidetti *polmonati* è caratterizzato dalla presenza di organi respiratorii al tutto speciali, detti impropriamente *polmoni*, perchè servono come questi alla respirazione aerea, ma che sono di origine molto diversa da quella dei veri polmoni e piuttosto affine a quella delle branchie. In molti molluschi, come pure negli anellidi, le branchie non sono in apposite camere ma all'esterno.

Finalmente negli *insetti*, nei *miriapodi* e negli *aracnidi* gli organi di respirazione sono le *trachee*, e tali animali si chiamano perciò *tracheati*.

Le trachee sono sistemi di tubi ramificati per tutte le parti del corpo e comunicanti con l'esterno per mezzo di speciali

forellini detti *stimme*. I tubi esilissimi sono tenuti sempre dilatati per mezzo di un filo a spirale, di natura chitinosa, che si addossa alle loro pareti (fig. 71). Indirettamente, per lievi movimenti dei muscoli addominali, questi tubi possono dilatarsi più o meno e favorire la circolazione dell'aria che penetra per ogni più piccola parte del corpo. Anche fra i tracheati vi sono dei gruppi eccezionali, come ad esempio i *ragni*, che si dicono impropriamente provvisti di *polmoni*; si tratta sempre di organi che non hanno nulla a che fare coi veri polmoni, soprattutto per l'assoluta differenza di origine; e qui sono in sostanza delle trachee trasformate.

Fig 71. - Frammento di tubo tracheale di un insetto.

Nei tipi animali più bassi non esistono organi speciali di respirazione, e questa si effettua per la superficie esterna del corpo, o per quella di cavità interne comunicanti però col di fuori direttamente.

Organi di escrezione e di secrezione.

Nelle funzioni di nutrizione, intese nel senso più largo di *scambio di materia*, devono essere evidentemente compresi alcuni atti importanti, relativi alla *eliminazione delle sostanze di rifiuto* e alla *produzione di sostanze utili* all'organismo.

Dobbiamo tener presente che l'organismo e tutte le sue parti sono in continua attività, e diventano sede di reazioni chimiche svariate e complesse, tutte coordinate fra loro e mirabilmente adatte alla più perfetta utilizzazione di ogni elemento di materia o di energia. Nel nostro corpo non v'è posto per l'*inutile*, e perciò questo diventa inesorabilmente *dannoso*, ed è indispensabile che sia *eliminato*. Gli organi che hanno la funzione specifica della eliminazione dei prodotti di rifiuto sono fra i più importanti del nostro corpo, e come ogni loro squilibrio funzionale si ripercuote immediatamente su tutti gli altri organi, così la più piccola alterazione in uno qualunque di questi pregiudica più o meno il normale funzionamento di quelli.

Abbiamo visto che i prodotti di rifiuto della digestione vengono raccolti sotto forma solida ed eliminati direttamente per l'ultimo tratto dell'intestino; mentre i rifiuti gazosi, conseguenti all'assimilazione definitiva delle sostanze nutritizie, sono eliminati negli organi respiratorii per tramite del sangue. Ma questo raccoglie, nell'attraversare i tessuti, anche una quantità rilevantissima di *rifiuti liquidi*, o almeno solubili ed eliminabili per via liquida e per mezzo di organi appositi, indicati con la denominazione generica di *organi di escrezione*.

Si suol dare invece il nome ugualmente generico di *organi di secrezione*, a tutte le ghiandole, in quanto servono alla elaborazione di prodotti *utili* all'organismo. Ma una netta distinzione fra queste due categorie di organi non sembra possibile, perchè molti organi di escrezione hanno struttura ghiandolare e danno prodotti che sono sotto un certo aspetto utilizzati (per es. le *ghiandole sudorifere*), mentre certi organi riconosciuti come secretori danno prodotti che risultano chimicamente inutili e giovano solo ad uffici meccanici (come le *ghiandole lacrimali*).

Accettando, ad ogni modo, il valore relativo della distinzione trattiamo ora degli organi escretori propriamente detti, ossia dei *reni*, e incominciamo come al solito da quelli dell'uomo.

Adattandosi al piano generale di simmetria del nostro corpo i reni sono in numero di due ed uguali fra loro. Sono collocati nella cavità dell'addome, posteriormente, presso le pareti della regione lombare (v. fig. 72 e Tav. II), uno a destra e l'altro a sinistra della colonna vertebrale. Hanno la forma di un seme di fagiuolo, col diametro maggiore verticale (una dozzina di centimetri), con le rispettive superficie concave (*ili renali*) volte verso l'interno, con un colore superficiale bruno ed omogeneo.

Una sezione longitudinale del rene è molto istruttiva; vi appaiono a prima vista due zone ben distinte, una periferica di color bruno, ed una interna più chiara. Questa è costituita dalla sostanza *tubulosa*, che risulta di gran numero di microscopici tubicini, raggruppati in tanti fascetti, raccolti alla lor volta in parecchi ammassi di forma piramidale, con la base verso la convessità del rene e l'apice verso l'ilo: sono le *piramidi del Malpighi*, in numero vario da 10 a 15.

La sostanza periferica o *corticale* occupa anche gli interstizi tra una piramide e l'altra, ed è costituita da un particolare tessuto connettivo nella cui massa si addentrano le estremità divergenti del suddetti tubicini. Una *capsula* di connettivo più tipico, robusto, fibrillare, riveste interamente ciascuno dei reni.

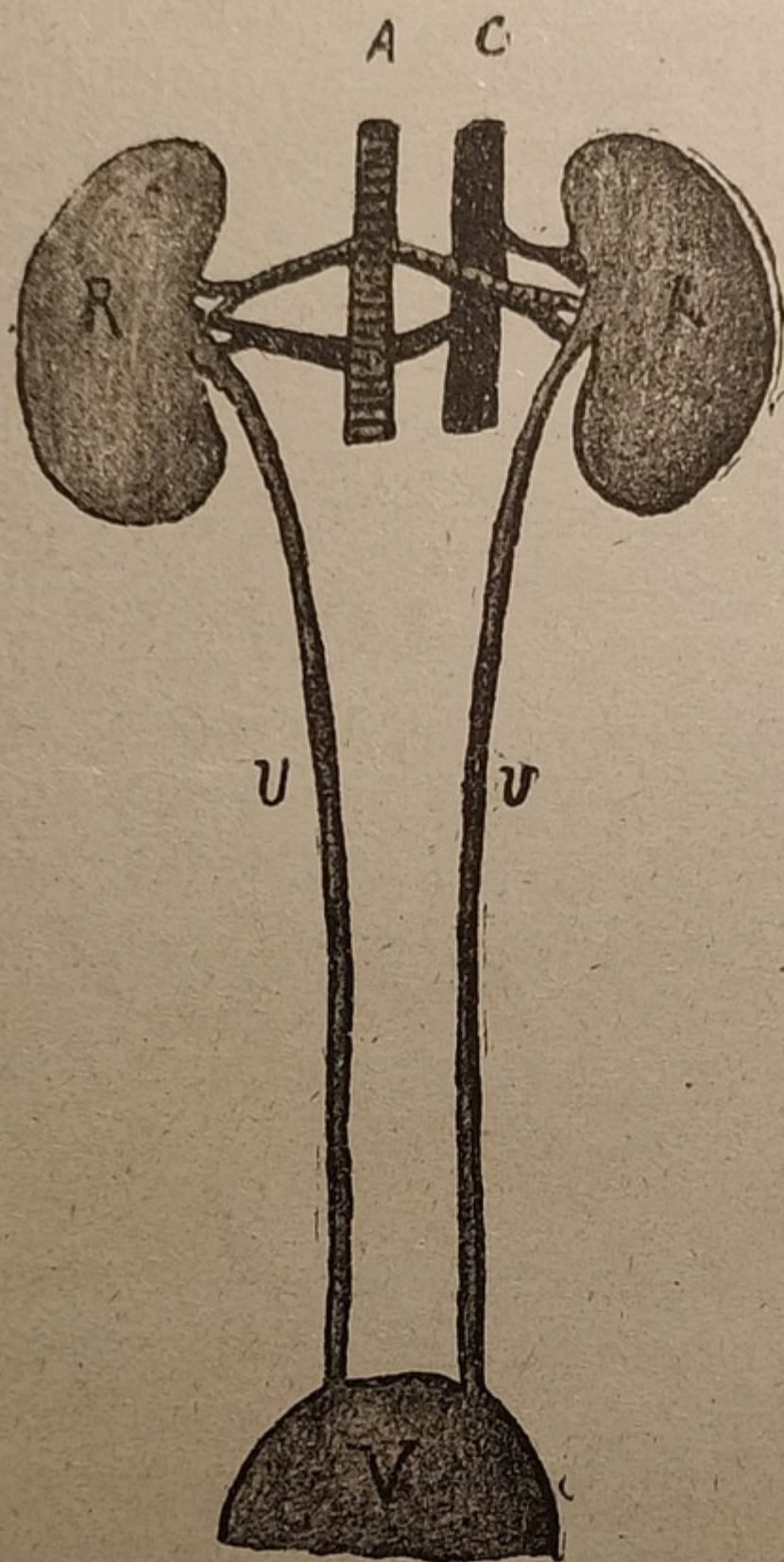



Fig. 72. - Schema dell'apparecchio escretore dell'uomo: R, reni; U, ureteri; V, vescica; A, arteria; C, vena.

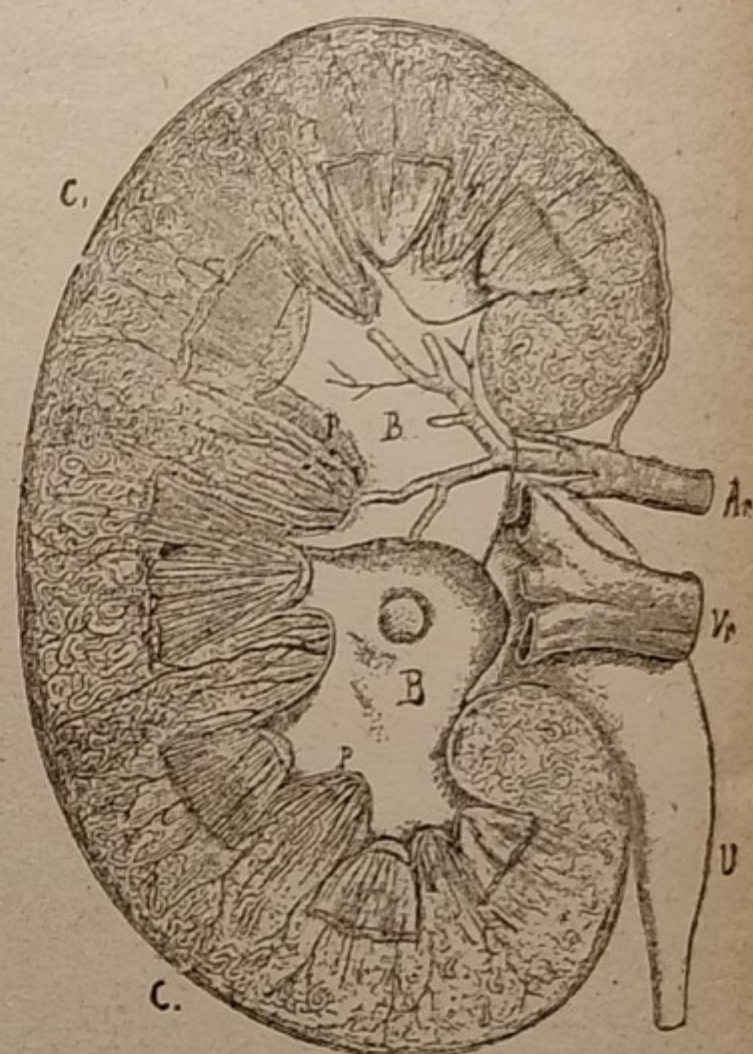



Fig. 73. - Sezione longitudinale schematica di un rene; C, sostanza corticale; P, piramidi; Ar, arteria; Vn, vena; B, bacino renale; V, uretere.

Tutte le piramidi con i loro tubicini convergono e sboccano in una cavità relativamente ampia (*bacino renale*) collocata in corrispondenza dell'ilo; mentre dalla parte opposta le piramidi si allargano per il distanziarsi dei loro tubicini, i quali, verso la periferia della parte convessa si ripiegano su sè stessi e si ramificano per terminare con tanti piccoli corpi tondeggianti, chiamati con diversi nomi, ma comunemente *capsule del Bowman*. In ognuna di queste penetra un minutissimo vaso arterioso, he dopo avervi formato un complicato gomitolo (*glomerulo*

renale), per dar modo al sangue di sostare un certo tempo e abbandonarvi una parte degli elementi di rifiuto che costituiscono l'*orina*, ritorna fuori e concorre poi con innumerevoli altri a formare una fitta rete sanguigna che si distribuisce in tutta la massa del rene (v. Tav. III). Le cellule della superficie interna delle capsule e dei canalicoli prendono anche parte con i loro secreti speciali alla formazione delle varie sostanze dell'orina.

L'*orina* è composta principalmente di *acqua* (più di nove decimi) ma con varie sostanze disciolte: alcune minerali, come il *cloruro di sodio*, i *solfati* e i *fosfati di calcio*, di *magnesio*, di *potassio*, di *sodio*: altre organiche e più caratteristiche. come l'*urea*, l'*acido urico* e varii pigmenti.

Se il rene funziona bene si comporta quasi come un filtro del sangue perchè lascia passare le sostanze di rifiuto e trattiene invece quelle utili; ma può essere difettoso per due opposte ragioni: sia perchè lasci passare anche le sostanze utili come le albumine e gli zuccheri, sia perchè trattenga sostanze inutili o nocive. È noto che i medici possono trarre dal diligente esame delle orine criterii diagnostici sicuri per molte malattie.

Le orine provenienti dai canalicoli si raccolgono nel bacino renale, da cui passano poi in un tubo speciale relativamente grosso (uno per ogni rene) detto *uretère*, che le conduce in un ampio serbatoio collocato nella parte inferiore estrema della cavità addominale e chiamato *vescica*.

* * *

Il rene è foggiato all'incirca sullo stesso schema che nell'uomo in tutti i vertebrati superiori. Un aspetto notevolmente diverso presenta negli *anfibii* e sopratrutto nei *pesci cartilaginei* durante la vita embrionale, essendo, in tal caso, tntto l'apparecchio escretore ridotto a due canali collettori *principali*, che percorrono per lungo la cavità del corpo, riunendosi nell'ultimo tratto dell'intestino (1), e ricevono lateralmente tanti brevi *tubicini*, ognuno dei quali forma un piccolo gomitolo o *glomerulo*, e poi si apre senz'altro nella cavità stessa del corpo dilatan-

---

(1) Anche in molti vertebrati superiori (rettili, uccelli e perfino alcuni mammiferi) gli ureteri sboccano in una *cloaca* dell'ultimo tratto dell'intestino insieme agli organi genitali.

dosi a guisa di imbuto. È una disposizione primitiva che è molto analoga a quella che si trova nei *vermi* (tipicamente negli

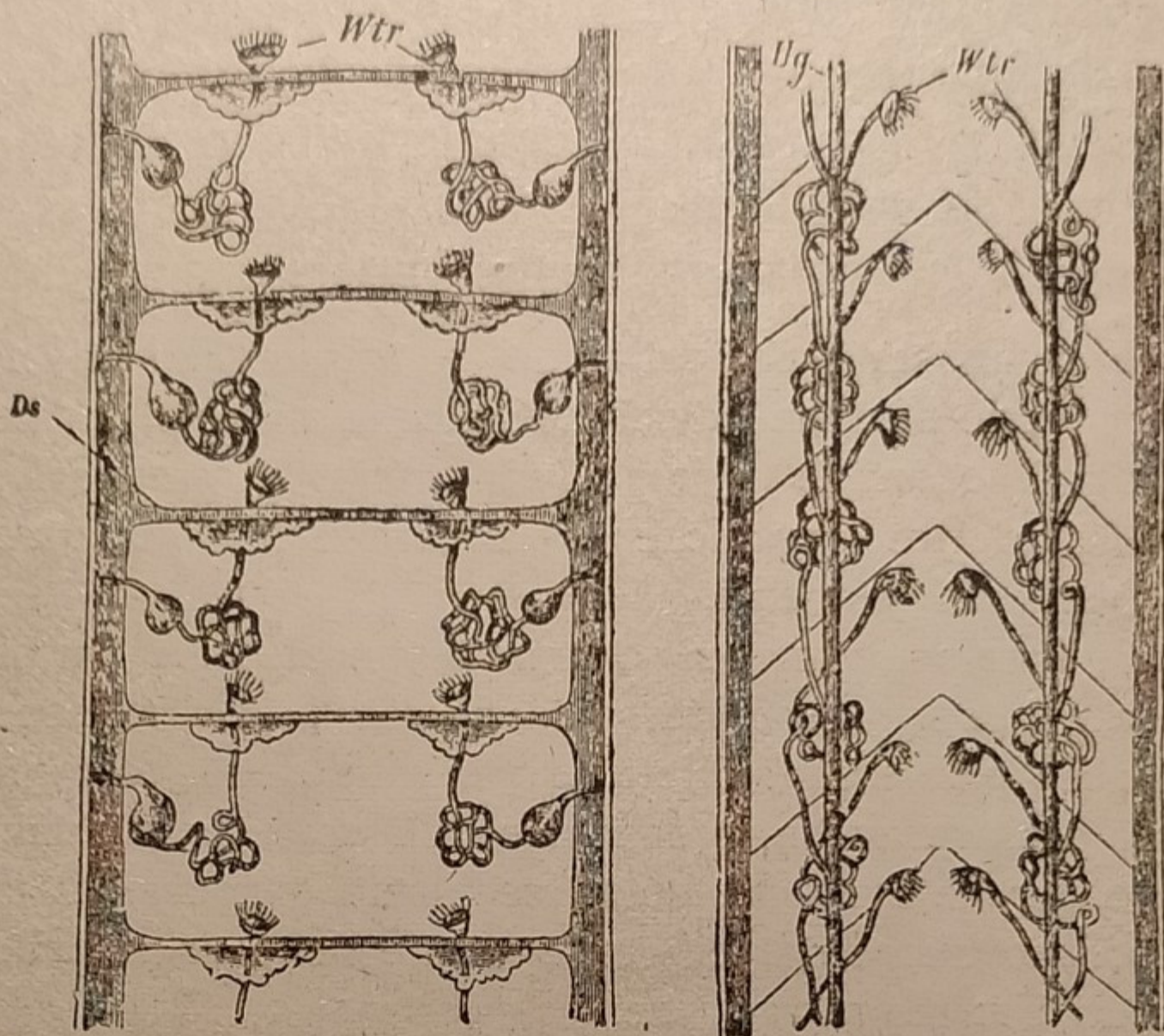



Fig. 74. - Schemi degli apparecchi escretori di un anellide (a sinistra) e di uno squalo allo stato embrionale (a destra): *Ds*, tramezzi di separazione degli anelli del corpo; *Wtr*, imbuti cigliati; *Ug*, uretere primitivo.

anellidi) dove i reni si chiamavano *organi segmentali*, perchè i condottini ad imbuto si trovano appaiati e ripetuti per molti *segmenti* del corpo mancando però un collettore comune (fig. 74).

Negli altri tipi degli *invertebrati* gli organi escretori assumono forme svariatissime ed hanno anche nomi diversi: negli *insetti* sono i *tubicini malpighiani* (v. fig. 48) che sboccano pure nell'intestino terminale; nei *molluschi* formano ammassi notevoli (uno o due) che si chiamano *organi dei Bojanus*.

* * *

Si considerano come organi secondarii di escrezione le *ghiandole sudorifere*, poichè il *sudore*, in massima parte fatto di acqua, presenta pure in soluzione varie sostanze di rifiuto che corrispondono in genere a quelle che si trovano nelle orine (1); per

(1) È noto che quando si suda molto diminuiscono le orine, e che quando, per ragioni patologiche, l'azione escretrice del rene diventa insufficiente si cerca di rimediare provocando in compenso abbondante sudore.

altro il sudore può essere utile fisicamente per il fresco che produce nella sua evaporazione. Le relative ghiandole sono a forma di tubi raggomitolati nella parte profonda della pelle, e sboccanti all'esterno isolatamente con proprie aperture piccolissime.

Le *ghiandole sebacee,* che si trovano pure nella pelle, hanno invece la forma di piccolissimi grappoli e sboccano con breve condotto alla base dei peli, producendo un liquido grasso che giova a tener morbida la pelle stessa.

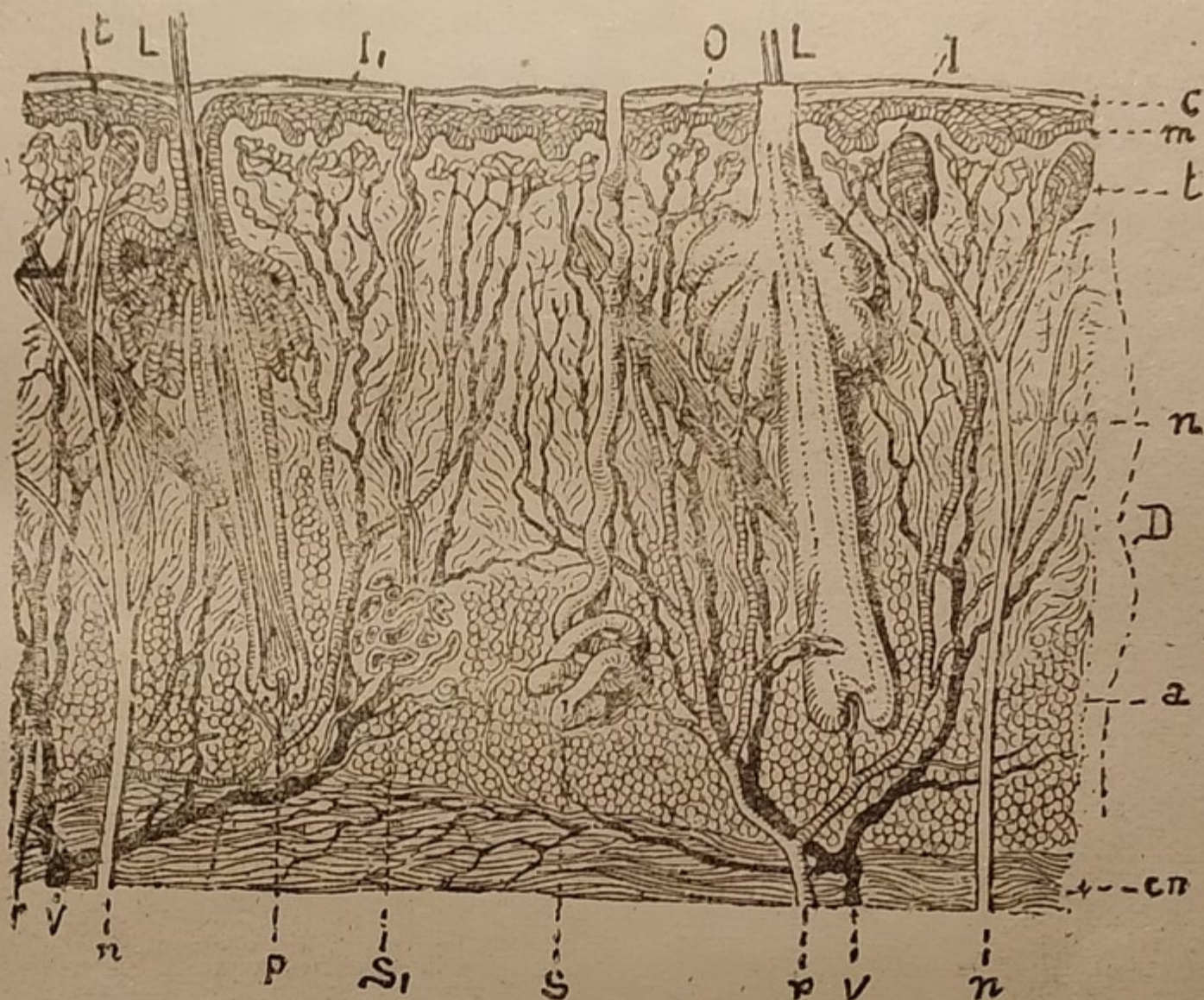



Fig. 75. - Sezione della pelle umana: C, = strato corneo dell'epidermide; m = strato mucoso dell'epidermide; D, = derma; a = strato mucoso del derma; cn = connettivo sottocutaneo; I, I' = ghiandole sebacee, intere e in sezione; L, = peli; P, = bulbo pilifero; O = muscoli erettori dei peli; t = corpuscoli tattili; u = nervi; r = arteria; v = vene; S, S' = ghiandole sudorifere, intere e in sezione.

La *pelle,* formata da strati di tessuti diversi, destinati ad avvolgere e proteggere il corpo, presenta una struttura molto complessa, e può dar luogo a produzioni sue proprie svariatissime che favoriscono la protezione del corpo (peli, aculei, piume, scaglie ecc.) Nell'uomo risulta di due zone: una profonda, più spessa, chiamata *derma* e fatta di tessuto connettivo (adiposo nella parte inferiore); l'altra superficiale e più sottile, chiamata *epidermide,* le cui cellule epiteliari, in molti strati, si cornificano e muoiono via via che sono spinte all'esterno da quelle più profonde che sempre si rinnovano.

Tutta la pelle è percorsa da vasi sanguigni e da filamenti nervosi che terminano in particolari appendici del derma, protese verso l'epidermide, e costituenti le *papille tàttili* di cui riparleremo (v. fig. 75).

Oltre alle ghiandole ora nominate, e a quelle già descritte a proposito del tubo digerente, ci resta a trattare di poche altre di valore secondario o di significato discusso.

La *milza* (v. Tav. II, 8) è organo massiccio, abbastanza voluminoso (nell'uomo è lunga una dozzina di centimetri), di color bruno violaceo, collocato presso lo stomaco, ma alquanto a sinistra e all'indietro; la sua struttura risulta di uno speciale connettivo (fibrillare all'esterno, cellulare e molle all'interno), dove penetrano vasi sanguigni e linfatici; si considera generalmente come una ghiandola, sebbene non presenti un canale di scarico e non sia stato riconosciuto un liquido speciale di secrezione. Pare invece che serva alla formazione dei corpuscoli rossi e di quelli bianchi del sangue; ma siccome questi si formano certamente anche altrove (specie nel midollo delle ossa), così non fa meraviglia che la milza abbia scarsa importanza e che gli animali a cui sperimentalmente sia stata tolta non ne mostrino sensibili disturbi.

La *tiroide* è pure considerata come una ghiandola, e certo a maggior ragione, perchè se manca anche qui uno speciale condotto di scarico, esiste però un *liquido tiroideo* che si può diffondere nell'organismo per la via dei vasi sanguigni o dei linfatici che attraversano la tiroide. Questa può dunque definirsi giustamente come una *ghiandola a secrezione interna*; essa è collocata nella regione del collo, anteriormente e subito sotto alla laringe (v. fig. 65); è di colore rossastro, e divisa in due lobi congiunti per una specie di istmo (la grandezza è molto variabile, ma si può dire che in media i lobi sono lunghi 6 o 7 centimetri). A differenza della milza, questa ghiandola molto più piccola ha una grande importanza, come risulta dalle numerose esperienze dirette e indirette, effettuate sugli animali e sull'uomo stesso; non si conosce l'ufficio della sua secrezione, ma si sa che tanto l'ipertrofia come l'atrofia congenita o provocata di quest'organo hanno gravi conseguenze fisiche e intellettuali (anomalie di accrescimento, debolezza generale, gozzo, cretinismo ecc.).

Le *capsule surrenali* (collocate, come dice il nome, sopra i reni a guisa di piccole cuffie, una per parte), sono considerate anch'esse come ghiandole a secrezione interna, ed hanno pure una grande importanza, come risulta dagli effetti mortali della

loro estirpazione e dalle gravi malattie che sono sempre in rapporto con le loro alterazioni patologiche ; non si conosce però l'ufficio preciso della loro secrezione (v. Tav. II, 6).

In tutta la serie degli animali, oltre alle ghiandole più o meno corrispondenti a quelle descritte per l'uomo, ve ne sono poi infinite altre, a caratteri e a funzioni speciali, di cui faremo eventualmente qualche cenno nella parte sistematica relativa ai singoli gruppi.

Cenni sulla riproduzione e sullo sviluppo.

Abbiamo trattato finora di quella categoria di organi vegetativi che hanno valore per i singoli *individui*, al cui normale mantenimento sono anzi indispensabili ; ora dobbiamo parlare di quelli che hanno valore solo per la *specie*, ma che non sarebbero necessarii per la vita degli individui isolatamente considerati : e sono gli organi della *riproduzione*, per mezzo dei quali gli individui stessi possono almeno una volta nella loro vita, da soli od accoppiati, produrre uno o più individui nuovi loro simili, e così perpetuare la specie.

Negli organismi infimi, unicellulari, non esistono veramente organi appositi, e la riproduzione si effettua con l'interessamento di tutto il corpo e con le modalità che già abbiamo visto parlando appunto della riproduzione cellulare (generalmente *agamica*). Ma negli organismi più elevati (tanto animali che vegetali), per una naturale divisione di lavoro, la funzione non è lasciata indistintamente a tutte le cellule, bensì riservata ad alcune con particolari adattamenti, e per lo più riunite in organi appositi. In questo caso gli organi sono normalmente di due specie (o *sessi*), che portano anche cellule riproduttrici distinte (dette con nome generico *gameti*) ; e la riproduzione si dice *sessuale* o *gametica*.

Negli animali inferiori (celenterati e vermi in particolare) la riproduzione sessuale si può alternare con una asessuale, e si ha allora una cosidetta *metagenesi* (per es. nelle tenie e nelle meduse) ; ma negli animali superiori è esclusivamente sessuale, e solo può distinguersi il caso in cui le due specie di organi

siano sullo stesso individuo (*ermafroditismo*), e quello molto più comune, in cui siano separati su due diversi individui (*divisione dei sessi*). In qualche raro caso, per es. nella *Bilharzia* (*Trematode*), i sessi sono separati, ma i due individui vivono permanentemente congiunti (v. fig. 76).

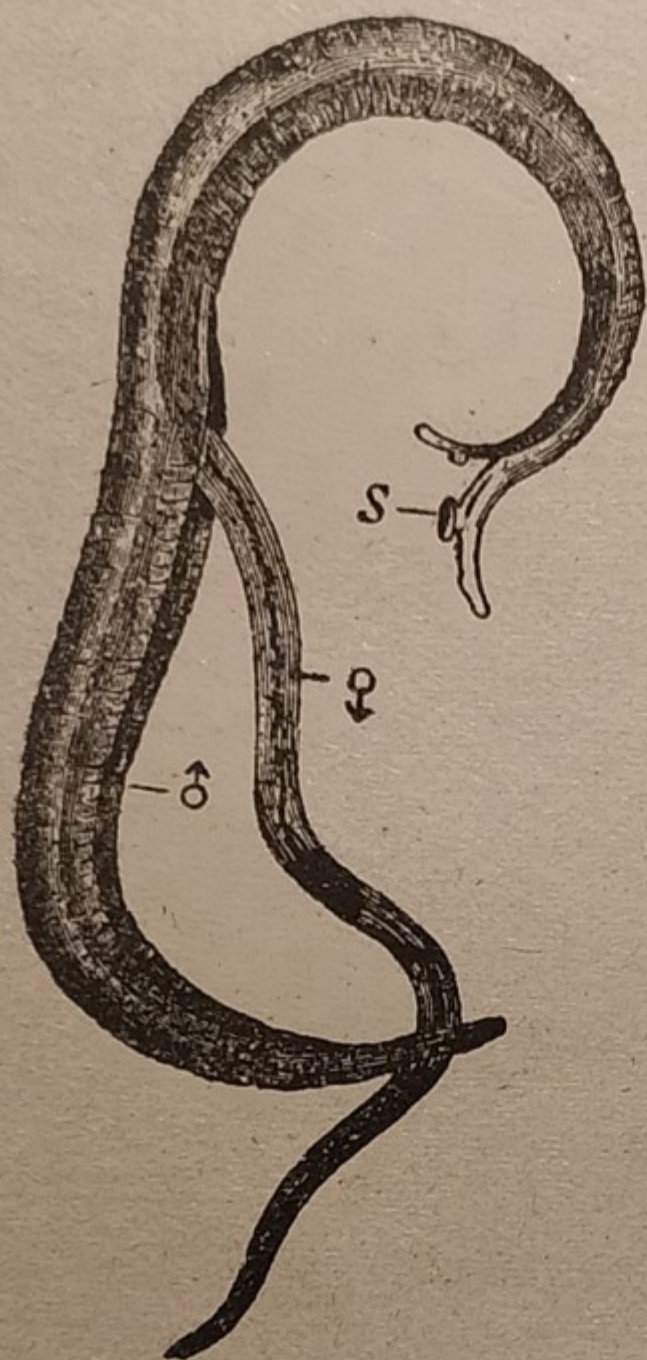



Fig. 76. - Bilharzia haematobia; ♂, maschio; ♀, femmina (S, ventosa); ingrandimento 15 : 1.

Come abbiamo notato che la *zigosi* può, sotto un certo aspetto, essere cosiderata quale forma intermedia tra la riproduzione agamica e la gametica, in quanto si effettua col concorso di due individui ma uguali, così potremmo considerare come forma di transizione quell'*ermafroditismo insufficiente* che si riscontra, per esempio, nei *lombrici*, nelle *sanguisughe* ed in altri vermi, e che richiede ugualmente l'intervento di due individui per quanto ognuno sia bisessuato (è bisessuato ma non può servirsi che di un sesso solo).

Gli organi della riproduzione sono in ogni sesso parecchi, e si raggruppano in due rispettivi apparati: quello *maschile* (corrispondente all'*androceo* delle piante) e quello *femminile* (corrispondente al *gineceo*). In ciascuno dei due apparati si possono distinguere tre categorie di organi: quelli più interni, in cui si formano e si conservano i gameti, quelli destinati al passaggio dei medesimi, e quelli esterni ed accessorii che servono in qualche modo a facilitare il meccanismo funzionale degli altri. Trascurando questi ultimi, diremo che gli organi essenziali maschili sono i *testicoli* con i rispettivi condotti *deferenti*, e quelli femminili gli *ovarii*, con i rispettivi *ovidotti*.

I *testicoli* (corrispondenti alle *antère* dell'androceo) producono e contengono i gameti maschili, detti *spermatozoi* ed aventi il valore di semplici cellule più o meno modificate; gli *ovarii* (corrispondenti agli organi dello stesso nome anche nei vege-

tali) producono invece e contengono i gameti femminili chiamati *ovuli* o *uova*.

Testicoli ed ovarii possono essere più o meno numerosi (spesso due soli) e contenere invece numerosissimi gameti. Anche l'uovo è sostanzialmente formato di una sola cellula, e se qualche volta risulta molto grande, come il notissimo uovo di gallina e quelli degli animali ovipari in genere, gli è perchè attorno all'unica cellula essenziale, e anche dentro di essa, si accumulano varie sostanze accessorie (*guscio*, *albume*, una parte del *tuorlo*) atte a proteggere poi l'embrione e a nutrirlo durante il suo sviluppo.

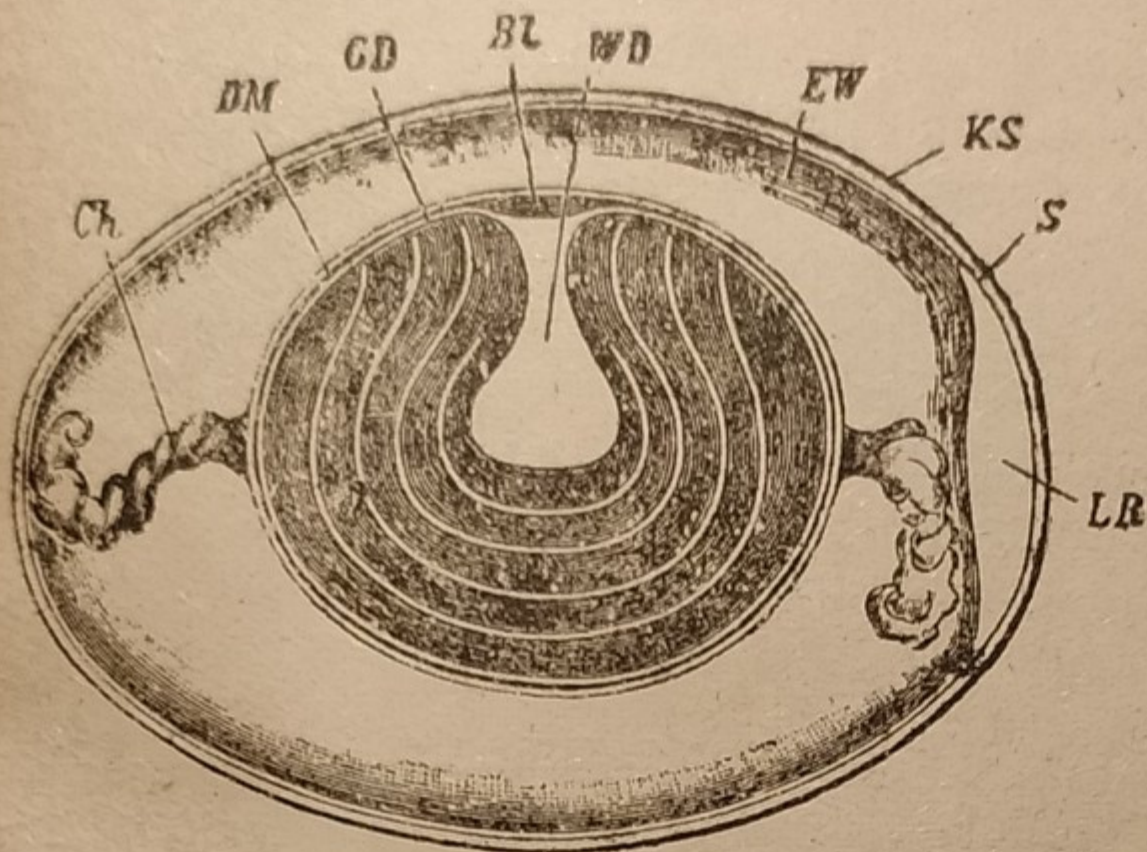



Fig. 77. - Sezione di un uovo di gallina : BL, cicatricola; WD, vitello chiaro : GD, vitello giallo carico ; DM, membrana vitellina ; EW, albume ; Ch. calaze ; Membrana superficiale ; LR, camera d'aria ; KS, guscio.

Se si osservano uova di gallina mentre sono ancora nell'ovidotto si trova che da prima sono formate di solo tuorlo e anche in piccola quantità, e che poi, quanto più si avvicinano al momento della emissione, portandosi conseguentemente verso l'estremità inferiore dell'ovidotto stesso, si fanno più grosse, si circondano anche di albume e per ultimo di guscio calcareo ; ciò vuol dire che tutte queste sostanze sono incontrate gradatamente lungo l'ovidotto, in cui sboccano appunto le caratteristiche ghiandole che le producono. Ma la cellula-uovo primitiva, il vero gamete femminile, si distingue bene anche nell'uovo così modificato : è la cosidetta *cicatricola,* che si vede come un piccolo disco chiaro in un punto superficiale del tuorlo ; quest'ultimo è distinto alla sua volta in due zone, una interna più chiara e più piccola e una esterna, di color giallo carico, molto più sviluppata e costituita a strati concentrici. L'insieme del tuorlo si chiama scientificamente *vitello,* ma la cicatricola è specificata col nome di *vitello formativo* (perchè destinata a trasformarsi in embrione) mentre tutto il resto si chiama *vitello nutritivo* (perchè destinato soltanto a nutrire l'embrione nel suo sviluppo entro l'uovo). Una sottile pellicola (*membrana vitellina*) riveste tutto il vitello, che

resta come una sfera (rosso d'uovo) sospesa in mezzo all'albume (bianco d'uovo) più fluido ed incoloro. Si nota però una specie di asse di sospensione, formato da due cordoncini pure incolori ma di consistenza diversa del resto dell'albume, che si chiamano *calàze*, e che si attaccano alla membrana vitellina in punti opposti, attraversando l'albume nella direzione dell'asse maggiore dell'uovo. Finalmente l'albume è rivestito da una membranella bianca e poi dal guscio calcareo, lasciando ad uno dei poli dell'uovo un piccolo spazio formante una *camera d'aria*.

Anche la funzione riproduttiva è complessa, e si divide in parecchi atti, fra cui l'essenziale è la *fecondazione*, la quale consiste nella penetrazione e nella conseguente fusione del gamete maschile con quello femminile.

Dopo la fecondazione avvengono nell'uovo fenomeni di cariocinesi analoghi a quelli delle cellule ordinarie, e l'uovo acquista la proprietà di segmentarsi ripetutamente fino a trasformarsi in un corpo pluricellulare, omogeneo da prima e poi eterogeneo, cioè formato da strati di cellule diverse. Alla loro volta questi strati originarii in numero di *tre* sono anche semplicissimi da prima, e costituiscono i tre notissimi *foglietti embrionali* (*ectoderma* l'esterno, *mesoderma* il medio, *endoderma* l'interno); ma poi, per il moltiplicarsi e il differenziarsi delle rtspettive cellule, si complicano gradatamente e danno luogo ai diversi organi del primitivo organismo o *embrione*, il quale finalmente, dopo un tempo più o meno lungo, potrà vivere libero e diventare poi un individuo adulto.

Le unite figure (78) dimostrano schematicamente le primissime fasi dello sviluppo, comuni, con lievi varianti, a tutti gli animali.

Dall'*ovo-cellula* primitiva (*a*) si passa per ripetuti sdoppiamenti (*b*, *c*, *d*) ad un ammasso globoso e compatto di tante cellule simili, costituenti lo stadio detto di *morula* (*e*, *f*). In seguito, per riassorbimento delle cellule centrali, la morula resta formata da un semplice strato di cellule periferiche limitanti una cavità completamente chiusa (stadio detto di *blastula*, g). Ma tosto le cellule che sono ad uno dei poli si differenziano dalle altre e in corrispondenza incominciano ad introflettere la parete della blastula verso l'interno. Tale introflessione gradatamente si accentua (*h*, *i*) finchè dalla blastula che aveva un solo strato di cellule ed una cavità chiusa (come si è visto), si passa ad uno stadio, detto di *gastrula*, in cui si trovano due strati diversi di cellule. limitanti una cavità aperta all'esterno per una

bocca particolare (*l*). I due strati sono i due primitivi foglietti em-

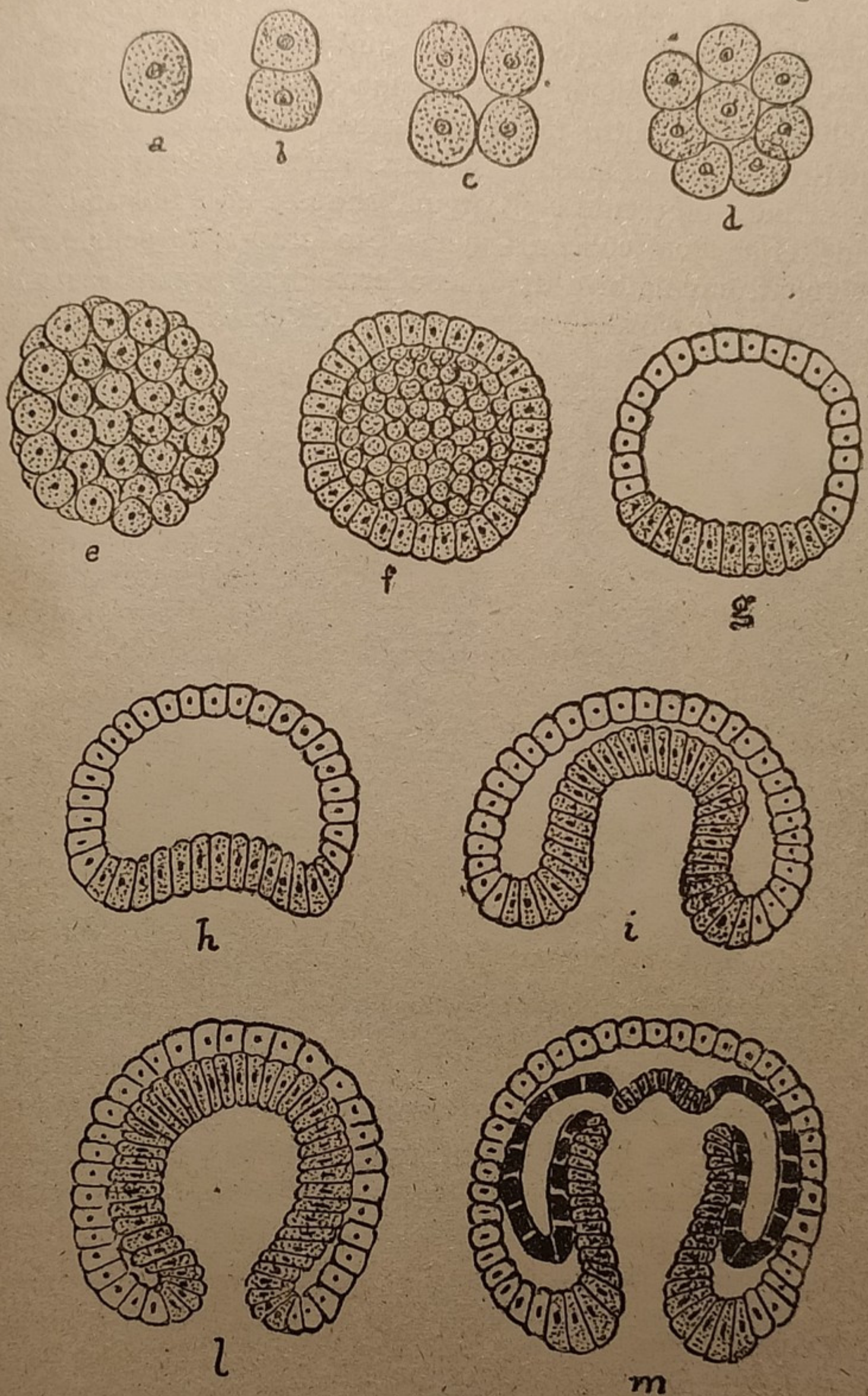



Fig. 78. - Prime fasi dello sviluppo (schemi) : a = *ovo cellula* ; b = prima divisione ; c = rinnovata divisione ; d = divisione più ripetuta ; e = stadio di *morula* ; f = morula in sezione ; g = stadio di *blastula* con cellule differenziate ad un polo ; h = Id. con le cellule più differenziate che incominciano ad introflettersi ; i = Id. con introflessione più progredita ; l = stadio di *gastrula* ; m = gastrula con formazione di un foglietto intermedio (mesoderma) tra i due primitivi (ectoderma ed endoderma).

brionali (*ectoderma* ed *endoderma*) a cui più tardi, in modo vario

nei diversi animali, si aggiunge uno strato intermedio (in nero nella figura *m*) che è il *mesoderma*. Da questo momento in poi si fanno differentissimi i passaggi a seconda dei gruppi animali, ma sempre si osserva che tutti gli organi derivano da trasformazioni progressive dell'uno o dell'altro foglietto determinato: così l'epidermide e le rispettive produzioni ed il sistema nervoso derivano dall'ectoderma; il tubo digerente e gli organi annessi ed i polmoni derivano dall'endoderma (col concorso del mesoderma); lo scheletro, i muscoli, l'appar. circolatorio dal mesoderma; gli organi sessuali sono formati col concorso del mesoderma e dell'ectoderma.

Fig. 79. - Metamorfosi di un insetto (Hydrophilus piceus): *a*, insetto perfetto; *b*, larva; *c*, crisalide.

Nella maggior parte degli animali l'embrione può compiere il suo sviluppo fuori del corpo materno, vivendo a spese dei materiali nutritizii accumulati, come abbiamo visto, nell'uovo stesso che la madre abbandona dal proprio corpo; e questi animali si dicono *ovipari* (uccelli, rettili, anfibii, pesci, e massima parte degli animali inferiori). In altri invece, che si dicono *vivipari* (uomo, quasi tutti i mammiferi, e qualche raro esempio fra gli animali inferiori), la madre non depone le uova, e gli embrioni, trattenuti in organi speciali del suo proprio corpo, e nutriti internamente e gradatamente a sue spese, compiono il loro sviluppo prima di uscire all'esterno, cioè di nascere. Naturalmente in questi casi le uova non hanno bisogno di provvedersi di guscio, nè di albume, nè di vitello nutritivo abbondante, e restano perciò molto piccole. Vi sono, come al solito, condizioni intermedie, nei cosidetti *ovovivipari* (come gli scorpioni e le vipere), nei quali l'embrione compie il suo sviluppo entro il corpo materno, ma chiuso in un uovo con materiali di riserva di cui si nutre senza il graduale e diretto intervento della madre.

Dopo la vita embrionale, ossia quando il nuovo organismo ha già lasciato l'uovo od il corpo materno, può non essere an-

Fig. 80. A. - Metamorfosi di una rana.

Fig. 80. B. - Giriui in due stadii successivi per mostrare la trasformazione delle branchie (K).

cora in grado di vivere indipendente, ed aver bisogno di essere non solo protetto ma anche nutrito per qualche tempo dalla madre: la maggior parte degli uccelli, per esempio, sono *imbeccati*; e tutti i mammiferi sono *allattati* dalla madre per mezzo di *ghiandole mammarie* che questa sviluppa appositamente.

In molti animali accade anche che i piccoli nascano molto diversi dagli adulti, e debbano subire perciò modificazioni più o meno profonde che si chiamano *metamorfosi*. Sono in tali condizioni quasi tutti gli animali inferiori, ma particolarmente note sono le metamorfosi degli *insetti*, che si svolgono in tre stadii distinti: quello di *bruco* o larva vermi-

Fig. 81. - Dimorfismo sessuale in un insetto (cervo volante): *a*, maschio; *b*, femmina.

forme, quello di *crisalide* o pupa, e quello di *immagine* o insetto perfetto (figura 79). Fra gli animali superiori hanno ca-

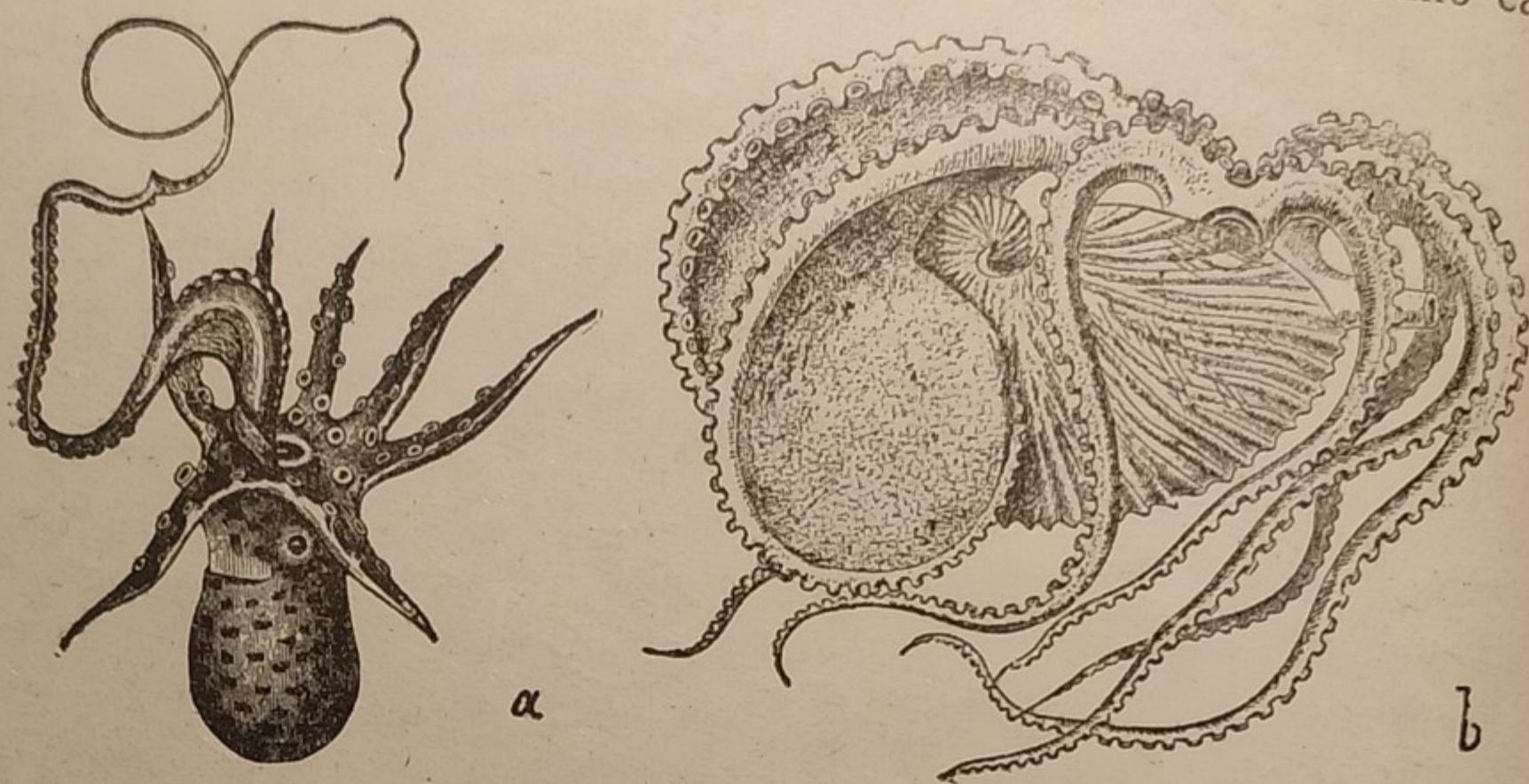



Fig. 82. - Dimorfismo in un Cefalopodo (Argonauta): *a*, maschio; *b*, femmina.

ratteristiche metamorfosi gli *anfibii* (es. rana) i cui piccoli, detti *girini*, mancano di zampe e di polmoni ed hanno invece coda e branchie (fig. 80).

Fig. 83. - Polimorfismo nelle Termiti: *a*, maschio alato; *b*, femmina ovigera; *c*, operaia; *d*, soldato.

Si noti finalmente che quando nella riproduzione di una specie animale una femmina produce uova capaci di svilupparsi senza il concorso del gamete maschile, si ha il fenomeno della *partenogenesi*; ma questa non avviene che per una o per poche generazioni, perchè poi deve essere interrotta da una riproduzione normale per fecondazione; se ne hanno esempi in molti insetti, come nella notissima fillossera.

Allorchè in una specie animale i maschi sono molto diversi dalle femmine si ha il *dimorfismo sessuale* (molto

spiccato negli uccelli fra i vertebrati, e in molti insetti ed in taluni cefalopodi fra gli invertebrati (vedi fig. 81-82).

Qualche volta non v'è soltanto un dimorfismo sessuale ma un vero *polimorfismo* (fig. 83) poichè la specie è rappresentata da tre o più tipi d'individui, essendovi anche dei maschi e delle femmine con organi sessuali atrofizzati, che si adattano a funzioni diverse nelle colonie in cui essi vivono e che sono indicati con nomi caratteristici, come: operaie, soldati ecc. (notevoli esempi sono quelli delle termiti, delle api e delle formiche).

Apparati di relazione.

Organi e funzioni di movimento.

Tutti gli organi descritti fin qui sono mezzi di esplicazione della vita vegetativa, che, nel senso più ampio dell'espressione, è comune agli animali e alle piante. Ora tratteremo particolarmente degli organi proprii della vita animale.

I *movimenti*, soprattutto quelli *totali*, per cui un organismo è capace di spostarsi nello spazio liberamente, e non solo di muovere qualche sua parte, costituiscono la più manifesta e perciò la più nota caratteristica del mondo animale, e sono un mezzo efficacissimo per aumentare e perfezionare i rapporti o le *relazioni* di un individuo con gli altri e con l'ambiente in genere. Ciò non vuol dire che altre forme più elevate di attività non abbiano a concorrere al medesimo scopo in modo più diretto, più energico e più vantaggioso; vedremo anzi, più avanti, il valore predominante degli organi di senso e di percezione.

Quando noi diciamo che i *muscoli* sono gli organi attivi del movimento lasciamo un duplice sottinteso; perchè i muscoli non possono contrarsi senza lo *stimolo* dei *nervi*, nè possono tradurre in complicati movimenti le loro semplici contrazioni senza il concorso *passivo* di parti rigide ed articolate (per es. le *ossa*) alle quali essi si attacchino, proprio come una leva che non può agire senza una forza applicata e senza un punto di appoggio.

Ciò premesso, possiamo anche accettare la distinzione degli organi di movimento in due grandi categorie: gli organi *attivi*

o *muscoli* e gli *organi passivi* o *scheletri*. Procedendo come al solito in ordine di complessione e di elevazione crescente incominciamo dallo scheletro.

Scheletro.

E' opportuno osservare che per gli animali in genere lo scheletro non ha soltanto il valore di un apparecchio passivo del movimento, ma serve evidentemente a *sostenere* e *proteggere* tutti gli organi molli e delicati; e per lo studio comparativo degli animali ha straordinario valore, in quanto permette di estendere i confronti anche agli innumerevoli animali estinti, ossia ai *fossili*. di cui non sono conservate per l'appunto che le parti scheletriche esterne ed interne, non essendo queste, per la loro preponderante costituzione minerale, soggette a decomporsi dopo la morte come tutte le sostanze organiche comuni.

Distinguiamo due tipi fondamentali di scheletri: *a*) quello caratteristico degli animali superiori, *interno* per origine e per

Fig. 84. - Articolazione di falangi *b*, cavità articolare aperta; *l*, legamenti.

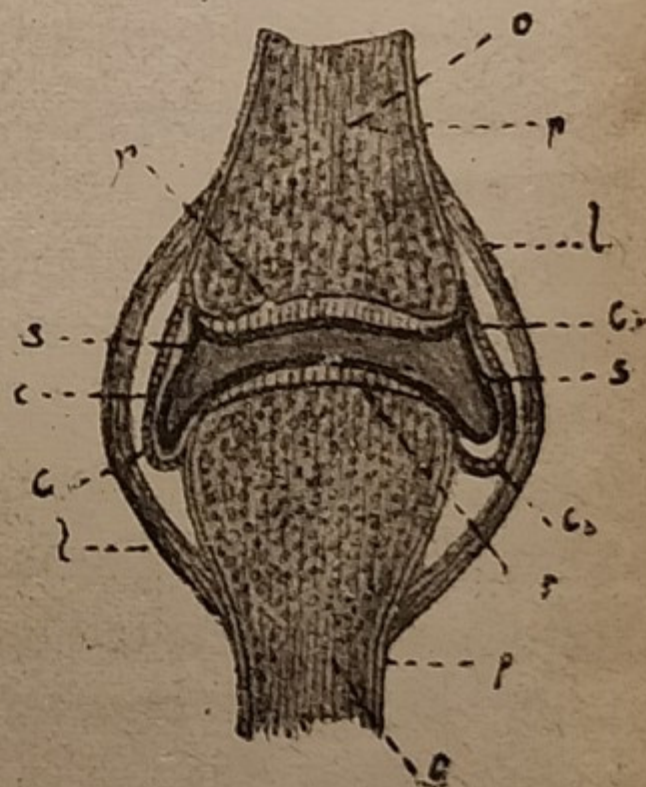



Fig. 85. - Sezione schematica di un'articolazione; *o*, osso; *r* superficie cartilaginea; *s*, membrana sinoviale; *c*, capsula connettivale; *p*, periostio; *l*, legamento esterno.

posizione, diviso in molti pezzi variamente foggiati e congiunti, costituito da uno speciale tessuto che già conosciamo, il connettivo *osseo*, (sostituito in certi casi dal *cartilagineo*), e questo tipo di scheletro chiameremo specificatamente *endoscheletro*; *b*) quello diffuso in tutti gli animali inferiori, *esterno* o *tegumentale* per origine e per posizione, che non è costituito da uno

speciale tessuto, ma da un semplice differenziamento dell'epidermide, e che chiameremo *esoscheletro* o *dermascheletro*.

L'*endoscheletro* è formato di *ossa*. Per la loro *forma* generale queste si distinguono in ossa *piatte* (larghe, relativamente sottili e spesso incurvate — v. es. fig. 94), *lunghe* (sviluppate in una direzione predominante, spesso semicilindriche, talora ritorte — v. fig. 95), *corte* (sviluppate pressapoco ugualmente su tre direzioni, ma di forme svariatissime — v. fig. 87).

Per il *modo di unione* si distinguono: *a*) le ossa *articolate*, unite alle loro estremità per mezzo di legamenti speciali, che permettono loro di muoversi l'una sull'altra (le superficie di contatto sono rispettivamente concave e convesse, rivestite di cartilagini che le rendono molto liscie, e lubrificate da un *liquido* particolare, detto *sinoviale*; v. fig. 84, 85); *b*) le ossa *suturate*, unite in modo fisso che non consente nemmeno il più piccolo movimento (la sutura si può fare per la sovrapposizione dei margini a contatto che si assottigliano convenientemente e si cementano insieme: è la sutura *squamosa*, es. temporale-parietale, v. figura 97; oppure per complicate dentellature dei margini stessi, in modo che quelle sporgenti da un osso si addentrino nelle corrispondenti rientranze dell'altro: è la sutura *ad ingranaggio*, es. frontale-parietale, v. fig. 97); *c*) le ossa unite per *sinfisi*, che hanno le superficie di contatto più o meno scabrose ma separate da straterelli cartilaginei che le tengono unite in modo da consentire soltanto lievi movimenti (es. nella unione delle vertebre).

Fig. 86. - Colonna vertebrale dell'uomo.

La massa dell'osso è fatta di tessuto osseo, ma la superficie è rivestita di una membranella speciale, percorsa da minuti vasisanguigni, e chiamata *periostio*. Nell'interno dell'osso il tessuto può essere *compatto* oppure *spugnoso*, e contenere in quantità più o meno grande una sostanza molle e grassa, il cosidetto *midollo*, che ha pure una notevole importanza perchè è accertato che dalle sue cellule possono originarsi corpuscoli

bianchi e corpuscoli rossi del sangue; nelle ossa lunghe a tessuto compatto quasi tutto il midollo è raccolto in un grande canale centrale; invece nel tessuto spugnoso (più caratteristico delle ossa corte) è distribuito nelle cavità numerose e più piccole che si compenetrano in tutta la massa dell'osso.

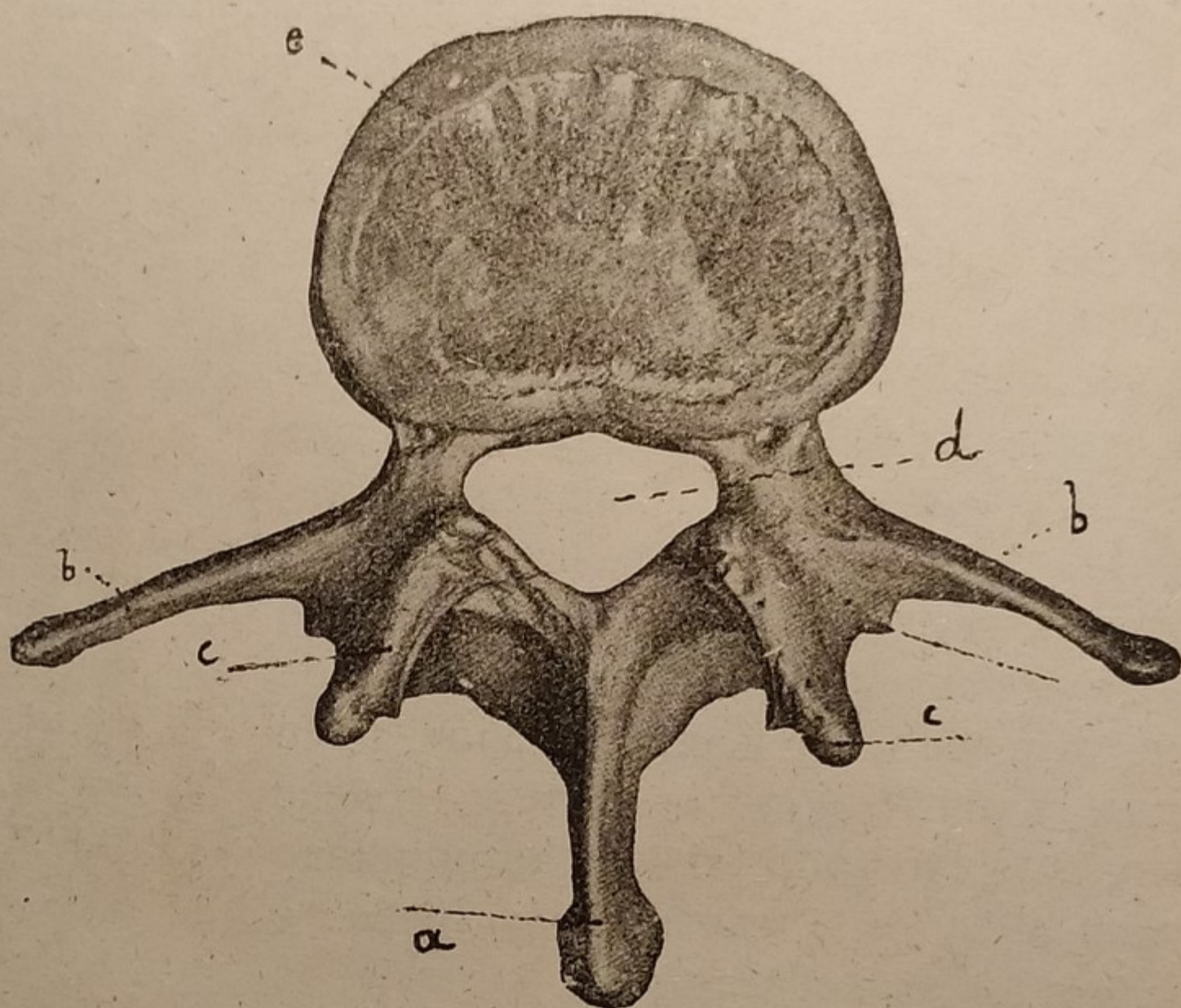



Fig. 87. - Vertebra tipica: *a*, apofisi spinosa; *b*, apofisi trasverse: *c*, apofisi articolari superiori; *d*, foro midollare; *e*. corpo della vertebra.

Per ordinare la descrizione dello scheletro, prendendo per tipo quello dell'*uomo*, ne distinguiamo tre grandi regioni: quella del *tronco*, quella degli *arti*, e quella del *capo*.

Fra le ossa del tronco si distinguono: le *vertebre*, le *coste*, lo *sterno*, le *scapole*, le *clavicole*, e le ossa *iliache* (vedi figura 93 lo scheletro umano complessivo).

Le *vertebre* sono distribuite in una serie continua, congiungendosi fra loro per sinfisi, e formando la *colonna vertebrale* che è l'asse originario di tutto lo scheletro.

Questa colonna, ad andamento curvilineo, è situata verso il dorso, cui attraversa longitudinalmente e nel mezzo, dividendosi in cinqne zone distinte: *cervicale*, *dorsale*, *lombare*, *sacrale*, *coccigea* (v. fig. 86).

Una vertebra tipica risulta di un disco piuttosto ispessito e massiccio, che è il *corpo* della vertebra, di una specie di *anello*

situato posteriormente, e di varie appendici, dette *apofisi* (di cui una principale posteriore è detta apofisi *spinosa*, e due, pure notevoli, laterali, sono dette *trasverse*; tra queste e la spinosa se ne osservano generalmente due paia di minori, dette *articolari* perchè servono all'articolazione intervertebrale; v. fig. 87 e 88).

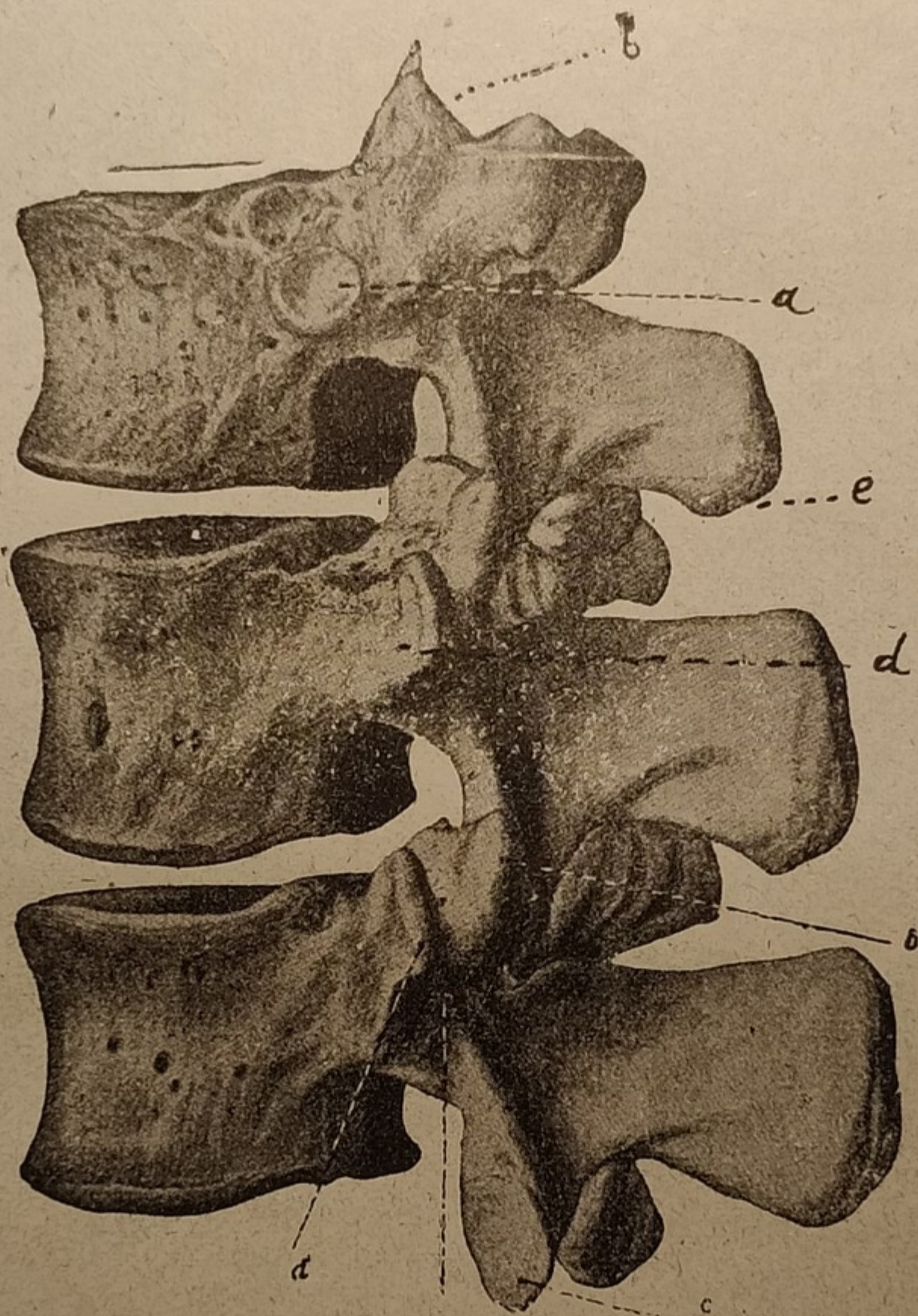



Fig. 88. - Tre vertebre unite (ultima dorsale e due prime lombari): *a*, faccetta articolare per la costa; *b*, apofisi articolare superiore; *c*, apofisi artic. inferiore; *d*, apofisi trasversa; *e*, apofisi spinosa.

Delle vertebre *cervicali* (che sono *sette*), le due prime meritano cenno speciale: la prima è detta *atlante* (perchè regge tutto il capo, come il famoso personaggio mitologico *Atlante* reggeva il mondo sulle sue spalle), ed è caratteristica per la sua semplificazione, essendo ridotta al solo anello (v. fig. 89); la seconda è detta *asse* o *epistrofeo* (epì = sopra, strefo = volgo,

giro), perchè su di essa gira l'atlante, e presenta invece del corpo normale una specie di grosso *dente* verticale che penetra appunto come un asse dentro l'anello dell'atlante permettendo

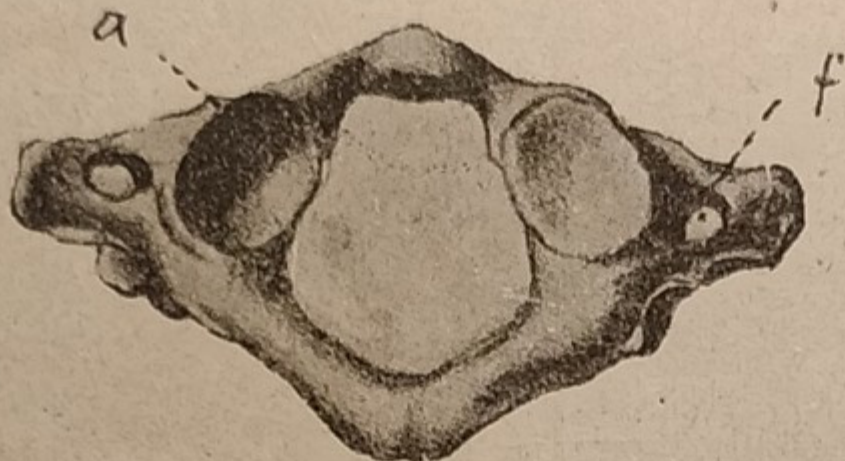



Fig. 89. - Atlante: *a*, fossetta articolare per i condili occipitali; *f*, foro delle apof. trasverse.

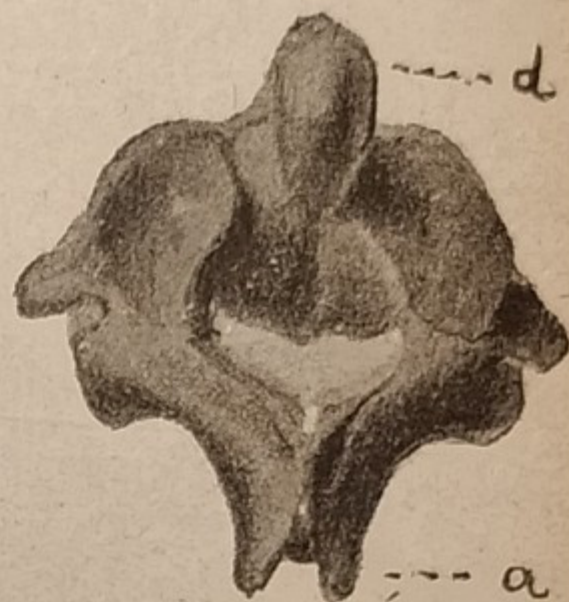



Fig. 90 - Epistrofeo: *a*, apofisi spinosa; *d*, dente.

al capo una grande mobilità (fig. 90-91). Le altre cinque cervicali non hanno più nomi distinti, e sono tutte caratterizzate, come le due prime, dalla presenza di un foro notevole alla base

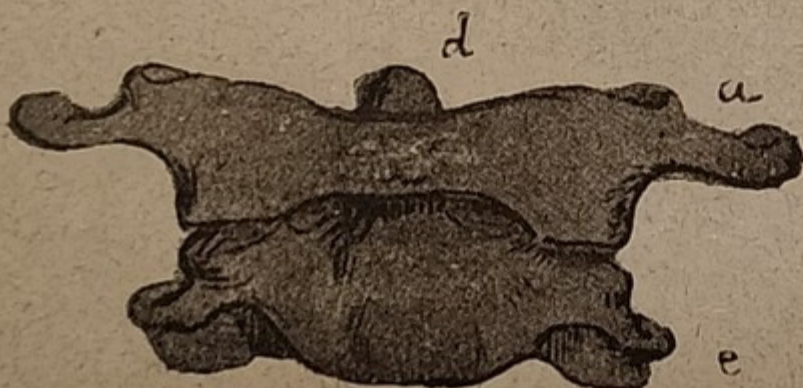



Fig. 91. - Atlante ed Epistrofeo riuniti

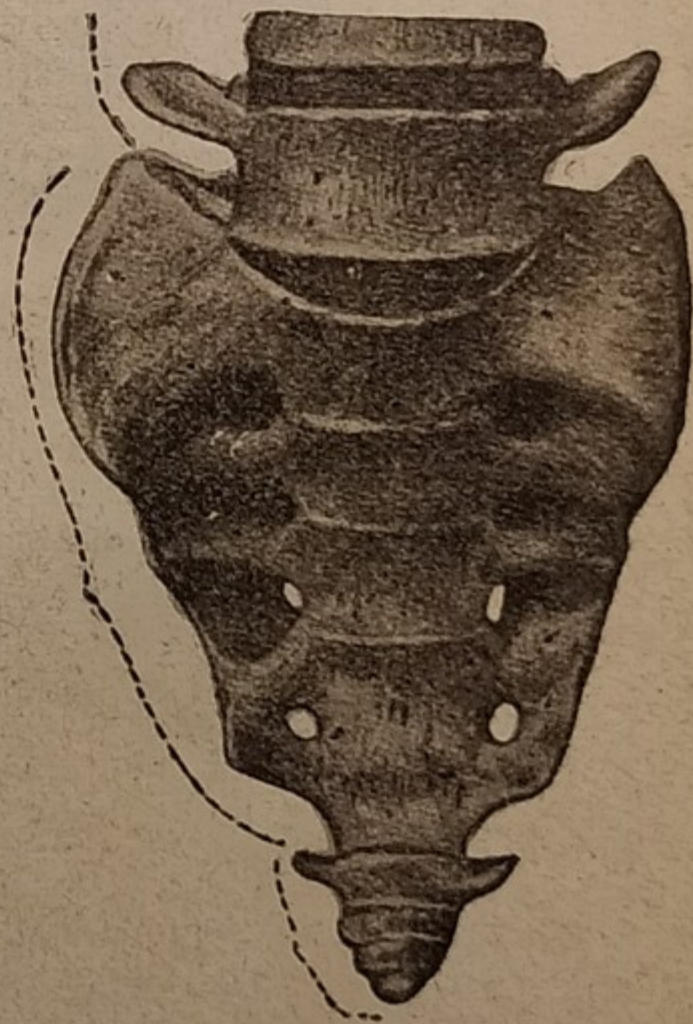



Fig. 92. - Osso sacro e coccige.

delle apofisi trasverse; inoltre hanno le apofisi spinose poco sviluppate e che tendono a farsi bifide all'estremità.

Le vertebre *dorsali* sono dodici, gradatamente più grosse dalla prima all'ultima; si distinguono per le apofisi spinose lunghe e dirette obliquamente in basso, nonchè per particolari impronte laterali che indicano il luogo di articolazione delle cor-

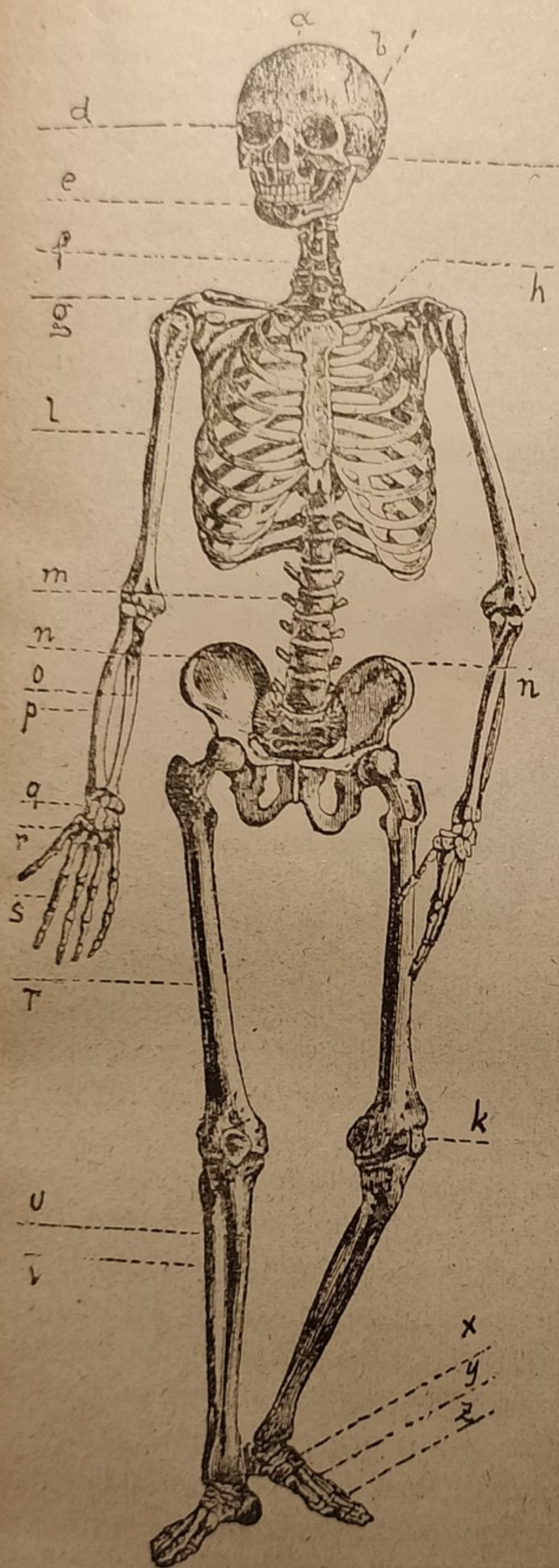



Fig. 93 - Scheletro umano completo; *a*, osso frontale; *b*, parietale; *c*, temporale; *d*, orbite; *e*, mandibola; *f*, vertebre cervicali; *g h*, clavicole; *l* òmero; *m*, vert. lombari; *n*, ossa iliache; *o*, ulna; *p*, radio; *q*, carpo; *r*, metacarpo; *s*, falangi della mano; *t*, femore; *u*, tibia; *v*, fibula; *k*, rotula; *x*, tarso; *y*, metatarso; *z*, falangi del piede.

Fig. 94. *a* - Scapola sinistra, vista anteriormente: A acromio; C, coracoide

Fig. 94. *b* - Scapola vista posteriormente.

rispondenti coste (v, fig. 88, a). Le *lombari*, in numero di cinque, si distinguono per avere il corpo molto grande e l'anello relativamente piccolo; inoltre per le apofisi spinose compresse e larghe, e per la mancanza delle impronte per le articolazioni costali (v. fig. 88 parte inferiore). Le *sacrali*, ancora cinque, sono fuse insieme in modo da formare un pezzo solo, che è l'*osso sacro*, dove però è facilmente visibile la fusione delle cinque ossa distinte (v. fig. 92). Le *coccigee* sono rudimentali nell'uomo e normalmente in numero di quattro; con la loro fusione più o meno evidente formano un osso solo, detto *coccige*, piccolo moncone che chiude inferiormente tutta la colonna. Nella maggior parte degli altri mammiferi le vertebre coccigee, bene sviluppate e numerose, formano la coda. Complessivamente la colonna risulta dunque di 33 vertebre, i cui rispettivi anelli (che si arrestano nella regione sacrale) formano col loro insieme un grosso tubo dove si racchiude il *midollo spinale*.

Fig. 95. - Clavicola e parte superiore dello sterno.

Alle dodici vertebre dorsali si articolano per ciascun lato altrettante *coste*, lunghe, piatte, ricurve; sette di queste si spingono anteriormente fino a congiungersi con un osso piatto, diritto e abbastanza lungo, che è disposto sulla linea longitudinale mediana del torace e che si chiama *sterno*; altre tre coste non giungono più fino allo sterno, ma si uniscono mediante legamenti cartilaginei alle coste immediatamente superiori; per ultimo, l'undicesima e la dodicesima costa di ciascun lato, molto più brevi, restano isolate come due monconi. Le prime sette si chiamano coste *vere* e le ultime cinque coste *false*. Colonna vertebrale, coste e sterno formano col loro insieme la cosidetta *gabbia toracica* che protegge validamente i visceri interni.

Per dare attacco alle ossa degli arti, lo scheletro del tronco è provvisto di due serie speciali di ossa disposte quasi ad anello: una superiormente (anteriormente negli altri vertebrati) che forma il *cingolo toracico*, e una inferiormente (o posteriormente) che forma il *cingolo pelvico* o *addominale* (v. fig. 93 e 96).

Le ossa proprie del cingolo toracico sono le due *scapole* e le due *clavicole*; quelle del cingolo addominale sono un solo paio, cioè le *iliache*.

Le *scapole* sono grandi, triangolari, molto appiattite, ma con gli orli robusti e con due particolari appendici ricurve nell'angolo superiore esterno (v. fig. 94); tali ossa occupano lateralmente la regione alta del dorso, e le loro appendici (*acromio* e *coracoide*) sporgono verso la spalla formando una specie di volta per l'articolazione dell'osso del braccio. Le *clavicole* (v. fig. 95) sono collocate anteriormente, hanno forma allungata, ricurva, e partendo dall'estremità superiore dello sterno si dirigono verso la spalla per avvicinarsi all'acromio e al coracoide.

Siccome le ossa di questo cingolo non formano un anello continuo, perchè non si toccano consecutivamente, possiamo considerare come ossa complementari del cingolo stesso le vertebre cervicali e lo sterno.

Fig. 96. - Bacino completo visto anteriormente.

Il cingolo *addominale* non è rappresentato che dalle due ossa *iliache*, ma in compenso queste sono grandi e, staccandosi posteriormente dai lati dell'*osso sacro*, vengono a congiungersi per sinfisi anteriormente (v. figura 96), per modo che questo cingolo è più completo avendo per osso complementare il *sacro* soltanto. Le ossa *iliache* sono molto robuste e si dividono chiaramente in tre regioni: una posteriore larga e piatta (corrispondente alla scapola del cingolo toracico), che è la regione *iliaca* propriamente detta; poi due appendici più strette che si dirigono all'innanzi (una sopra e l'altra sotto) congiungendosi, dopo aver lasciato fra loro un ampio foro: quella superiore si chiama *pubica* e quella inferiore *ischiatica*. Nell'infanzia le tre regioni formano tre ossa distinte: *l'ilio*, *l'ischio*, il *pube*. Questo cingolo addominale che forma nel suo complesso, insieme al sacro, il cosidetto *bacino*, è ottimamente conformato per sostenere il peso dei visceri: alla sua superficie esterna vi

è un'ampia e profonda cavità articolare (*acetabulo*) dove si adatta perfettamente l'estremità superiore del femore (osso della coscia).

L'*arto superiore*, che si articola, come si è visto, sotto le appendici della scapola, è fatto di parecchie ossa lunghe, alla loro volta tutte articolate fra loro; la regione del braccio comprende un unico osso molto robusto, che è l'*òmero* (v. fig. 93); quella

Fig. 97. - Teschio visto di profilo; 1, osso frontale; 2, osso parietale sinistro; 3, osso occipitale; 4, osso temporale col foro auditivo (5); 6, mandibola; 7, osso nasale sinistro; 8, mascellare; 9, zigomatico; 10, sfenoide (solo la grande ala sinistra).

dell'avambraccio ha invece due ossa, che sono l'*ulna* (verso l'esterno) e il *radio* (verso l'interno); e quella della mano finalmente ha tre serie di ossa più piccole: quelle del *carpo* (otto ossicine presso il polso, brevi, in due gruppi, che danno molta mobilità alla mano), quelle del *metacarpo* (cinque, che corrispondono al palmo della mano), e quelle delle *falangi* (che corrispondono alle dita, e che sono 14 in tutto, perchè il pollice ne comprende *due* e le altre dita *tre*).

Le ossa dell'*arto inferiore* corrispondono chiaramente a quelle

del superiore, perchè la coscia ha un solo osso, che è il *fémore*, la gamba due, che sono la *tibia* e la *fibula* (o *perone*), il piede tre serie come la mano, cioè il *tarso*, (di 7 ossa corte), il *metatarso* (di 5 ossa lunghe) e le *falangi* (di 14 ossa). Ma dal confronto con le corrispondenti ossa dell'arto superiore emergono tuttavia differenze notevoli: il fémore è molto più lungo e più grosso dell'ómero; la tibia e la fibula molto diverse fra loro (mentre il radio e l'ulna sono pressochè uguali la fibula è molto più sottile della tibia); all'articolazione del ginocchio vi è inoltre un piccolo osso a superficie convessa anteriormente, che si chiama *rótula* e che non ha il corrispondente nel gomito; finalmente nelle ossa del piede vi è la regióne tarsale molto più sviluppata che la corrispondente carpale, non ostante che abbia un osso di meno (per la fusione di due in un solo robustissimo, il *calcagno*, su cui gravita tutto il peso del corpo); e si notano invece le falangi più brevi che nella mano.

Lo scheletro del capo, che si chiama complessivamente *teschio*, è composto di 22 ossa, divise in due regioni: il *cranio* con 8 ossa, e la *faccia* con 14.

Le ossa del cranio sono: il *frontale*, largo, piatto, ricurvo, che ben si distingue per la presenza delle volte delle cavità orbitali (v. fig. 97); le due *parietali* anch'esse larghe, piatte, ricurve, ma più semplici; l'*occipitale*, sempre dello stesso tipo, ma caratterizzato dalla presenza di un ampio foro (per cui il midollo spinale comunica col cervello) e da due protuberanze a guisa di cuscinetti, che sono dette *condili*, e che sono appunto sui due lati del foro occipitale in corrispondenza di due adatte fossette della vertebra atlante (fig. 98); le due ossa *temporali*, che si distinguono per la presenza del foro auditivo e per lo sviluppo di una parte massiccia dove è scavato l'orecchio interno (fig. 97, [4] e [5]); lo *sfenoide*, alla base del cranio, molto complicato e ben distinto per due *grandi ali* che gli danno un curioso aspetto (l'osso non si vede all'esterno che per le estremità di queste ali, le quali riescono nella regione delle tempia — v. fig. 97, [10] e 99); finalmenfe l'*etmoide*, pure complicato ma piccolo, leggiero, spugnoso, sviluppato su tre dimensioni, visibile all'esterno solo in minima parte dentro la cavità delle orbite.

Tutte insieme queste ossa concorrono alla formazione di un'ampia *scatola cranica* dove è racchiuso il cervello.

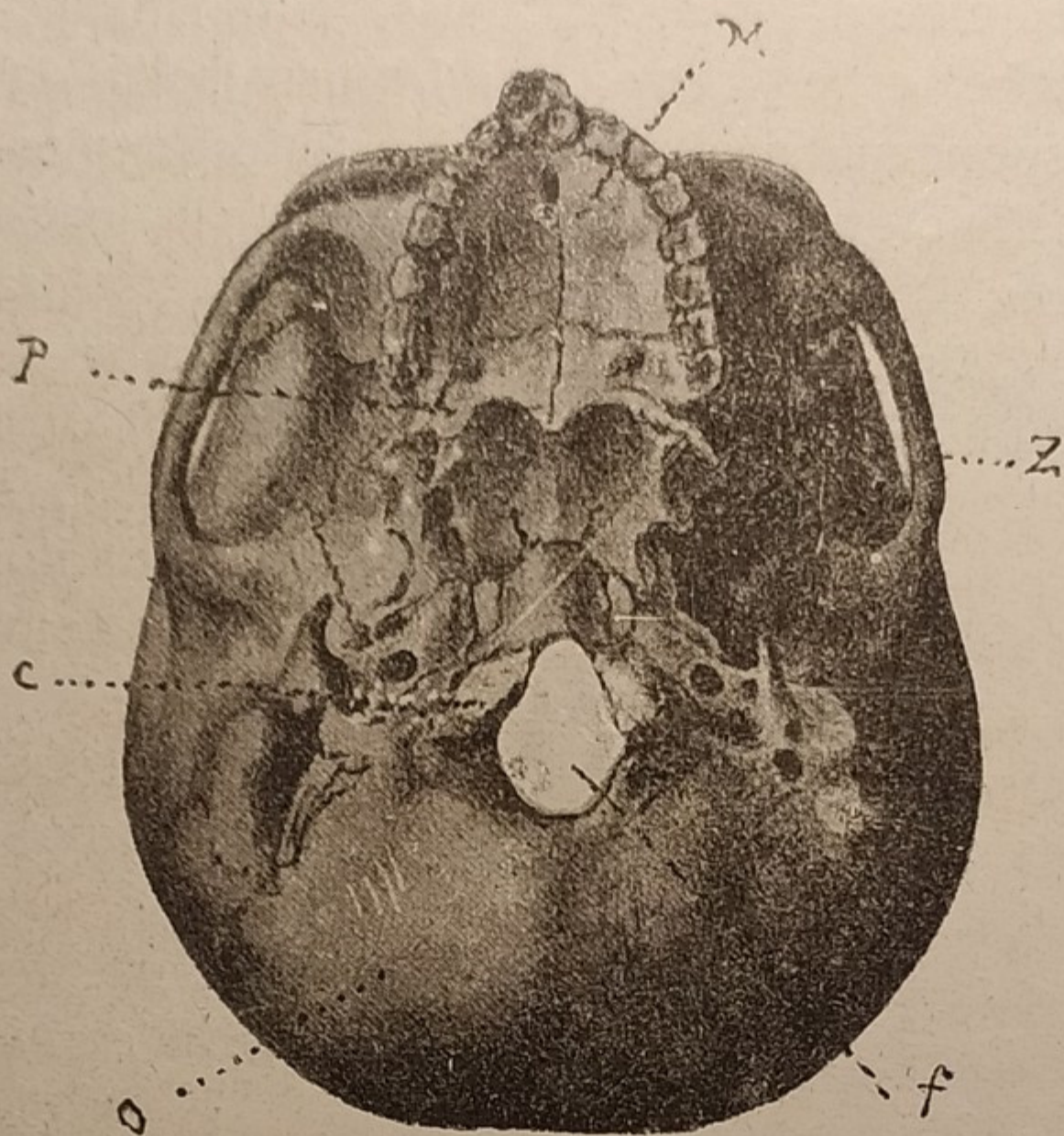



Fig. 98. - Teschio visto dalla parte inferiore; M, ossa mascellari: P, *o*. palatine; *c*, condili occipitali; *f*, foro occipitale; *o*. base dell'occipite; *z*, ponte zigomatico.

Le ossa della faccia sono: la *mandibola* (v. fig. 97, 6), grossa, robusta, foggiata a ferro di cavallo, con gli alveoli di tutti i denti inferiori, e con due appendici terminali per cui si articola su corrispondenti fossette delle ossa temporali (è l'unico esempio di articolazione fra le ossa del capo); i due *mascellari*, che portano, metà ciascuno, tutti i denti superiori, e che concorrono alla formazione del palato insieme a due ossa molto più piccole e posteriori, dette *palatine*; le due ossa *zigomatiche*, che con-

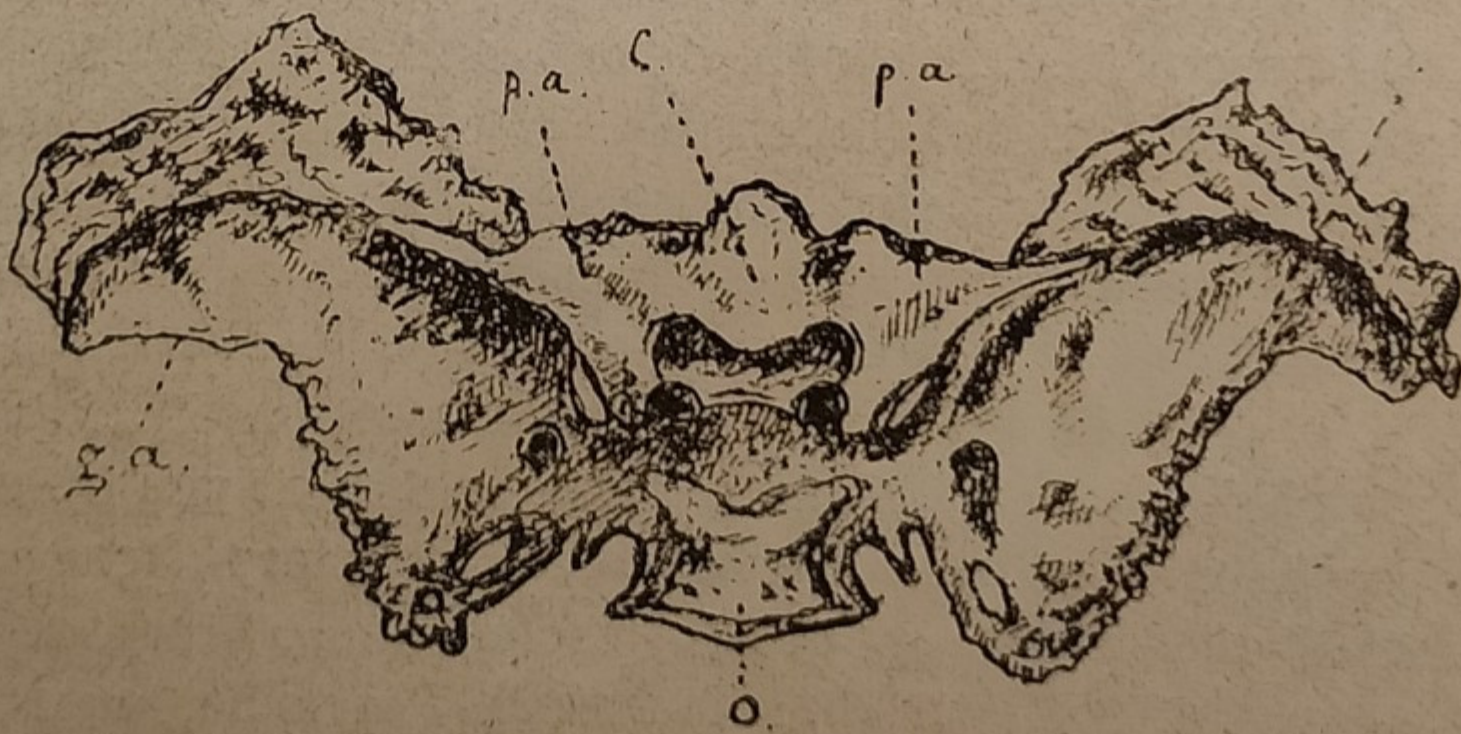



Fig. 99. - Sfenoide; *c*, corpo della sfenoide; *p. a*, piccole ali; *g. a*, grandi ali; base dell'osso occipitale.

giungono le temporali con le mascellari e col frontale, per mezzo di speciali appendici, le quali formano l'orlo infe-

riore delle cavità orbitali ed un caratteristico *ponte zigomatico* tra il cranio e la faccia (uno a destra e uno a sinistra); le due ossa *nasali* che unendosi anteriormente formano, sotto il frontale, il breve tratto osseo del naso; il *vómere*, piccola lamina a guisa di tramezzo nella parte superiore delle fosse nasali; le due *turbinali*, pure a forma di lamina ma accartocciata, sulla superficie interna delle stesse fosse nasali; e per ultimo le due *lacrimali*, piccolissime e collocate nell'angolo interno delle orbite, in vicinanza del naso.

Per completare lo scheletro dobbiamo accennare ancora al piccolissimo osso *ioide*, isolato da tutti gli altri e collocato nella regione del collo, proprio sopra la laringe; ha la forma di un arco (fig. 65 e 100), ed è rudimentale nell'uomo e nei verbrati superiori, ma è importante nell'anatomia comparata per i suoi rapporti originarii con ossa speciali dei pesci.

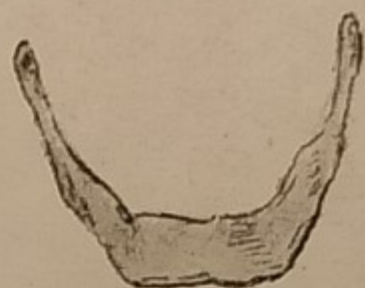



Fig. 100. - Osso joide

* * *

Lo scheletro degli altri *mammiferi* è foggiato sullo schema di quello dell'uomo, poichè vi si trovano generalmente le stesse

Fig. 1o1. - Teschio di Orango.

Fig. 102. - Teschio di Iena, visto dal disopra. (Si noti il grande sviluppo dei ponti zigomatici)

ossa e nello stesso ordine: non mancano tuttavia le differenze caratteristiche dei diversi gruppi, le quali dipendono soprattutto dal diverso genere di locomozione.

Per ciò che riguarda il teschio possiamo dire che predomina in tutti, a differenza dell'uomo, un maggiore sviluppo delle ossa

facciali in confronto alle craniali (corrispondentemente ad un minore sviluppo della scatola cranica e del cervello); varie ossa, come la mandibola e il frontale sono divise in due (ciò che si verifica, del resto, anche nell'infanzia dell'uomo); i mascellari hanno interposto un osso distinto che è l'*intermascellare*.

Le vertebre variano di numero, ma sono per solito bene sviluppate le coccigee, che formano la coda (fig. 105).

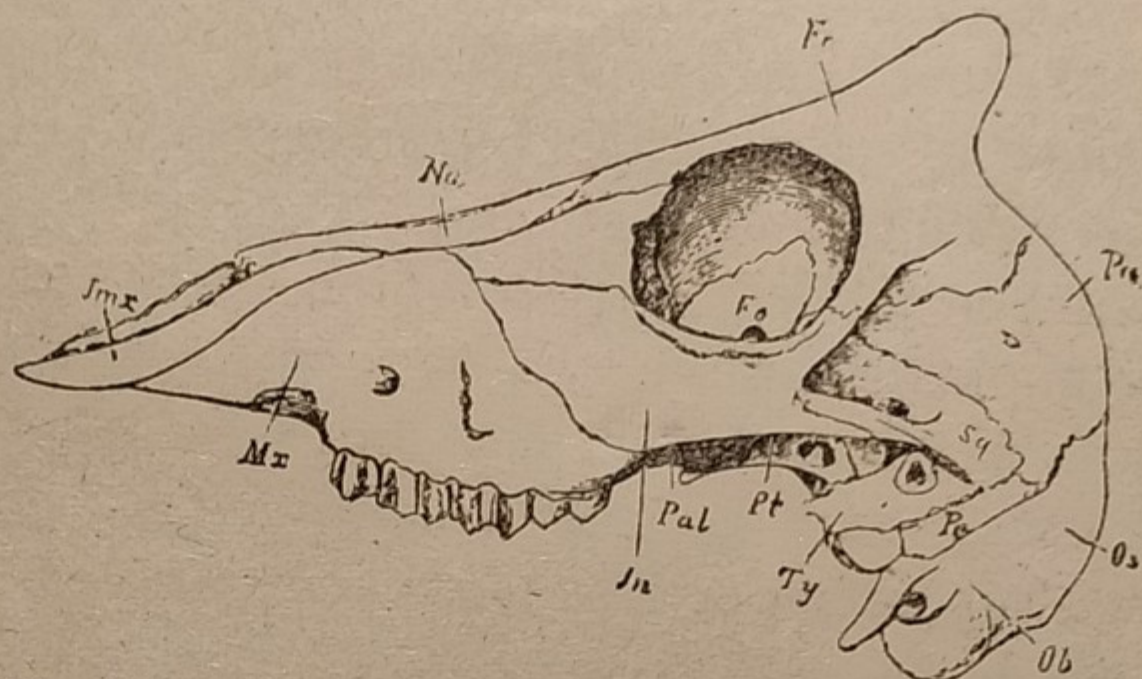



Fig 103. - Teschio di capra; *Imx*, osso intermascellare; *Na*, *o*. nasale; *Fr*, *o* frontale; *Pa*, *o*. parietale; *Os*, *o*. occipitale superiore; *Ob*, occipitale basale; *Ty*, *o*. timpanico; *Pe*, *o*, pietroso; *Sq*, *o*, squamoso; *Px*, *o*, palatino; *In*, *o*, zigomatico; *Msc*, *o*. mascellare.

I cingoli hanno sviluppo diverso, in relazione con lo sviluppo degli arti; in moltissimi casi mancano le clavicole; e nel gruppo dei *monotremi* e in quello dei *marsupiali* (p. es. nel *canguro*) vi sono due ossa speciali articolate coi pubi, e dette appunto ossa *marsupiali* (fig. 106). Nei *cetacei*, dove mancano completamente gli arti posteriori, il cingolo pelvico è ridotto a due piccole ossa rudimentali (fig. 107).

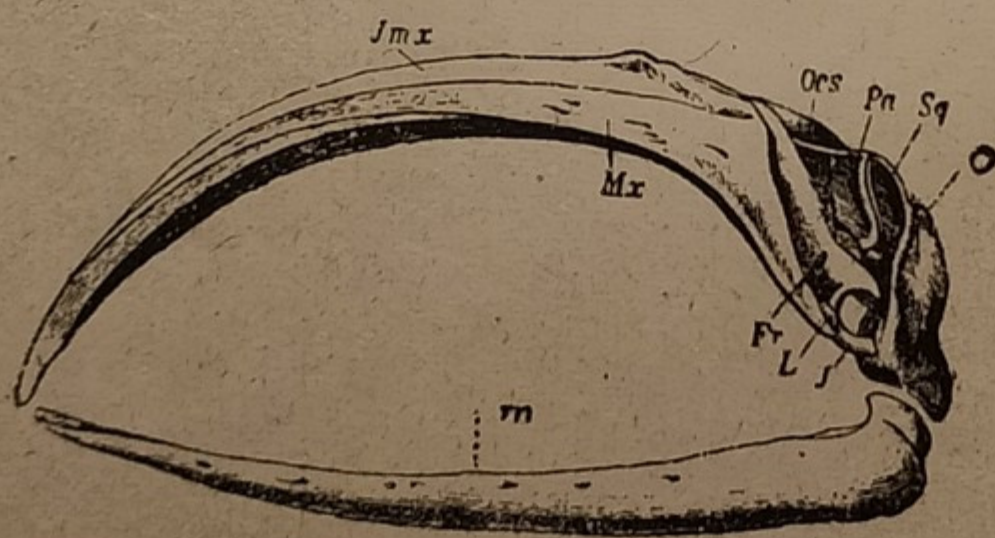



Fig. 104. - Teschio di Balena; *m*, mandibola; L, osso lacrimale; I, zigomatico; *o*. occipitale (altre lettere come in fig. precedente).

Gli arti anteriori presentano notevoli variazioni nei *pipistrelli*, dove le falangi enormemente sviluppate giovano a sostenere le ali membranose (fig. 108); e sono pure modificati molto in quei mammiferi dove servono a scavare (come nelle *talpe*), oppure in quelli acquatici come i cetacei (es. *delfini*) ed i pinnipedi (es. *foche*), dove si foggiano a *pinna*.

Più svariati ancora sono gli arti posteriori, che talvolta sono sviluppatissimi, come nei *canguri* dove sono atti al salto; men-

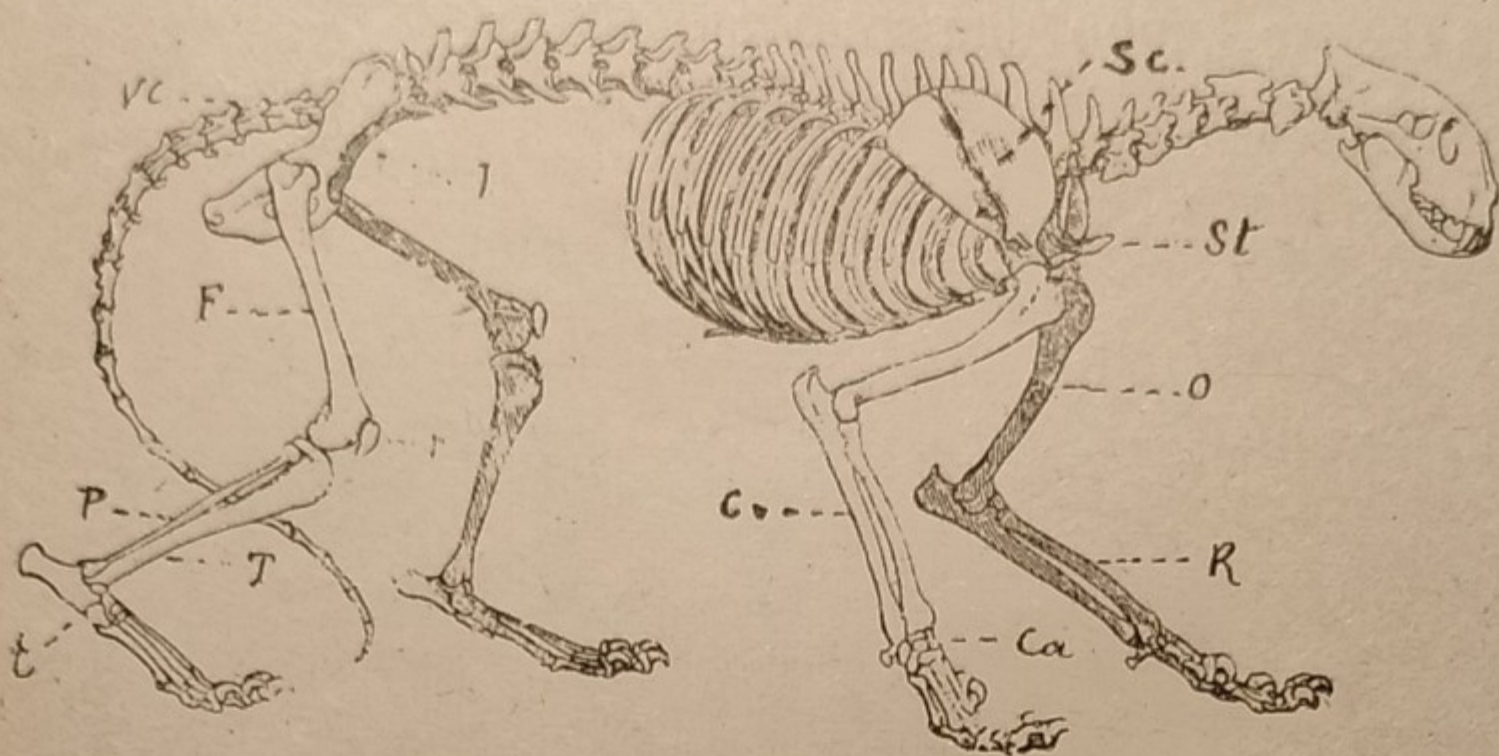



Fig. 105. - Scheletro di un mammifero tipico. (Tigre). *Sc*, scapola; *St*, sterno; O, omero; R, radio; C, cubito; *Ca*, carpo; I, *o*. iliaco; *Vc*, vertebre coccigee; F, femore; P, perone; T, tibia; *t*, tarso; *r*, rotula.

tre altre volte sono ridotti a brevi appendici pinniformi (es. *foche*)

Fig. 106. - Bacino di Marsupiale; 1, 2, ossa soprapubiche o marsupiali; 3, *o*, iliache; 4, o, pubiche.

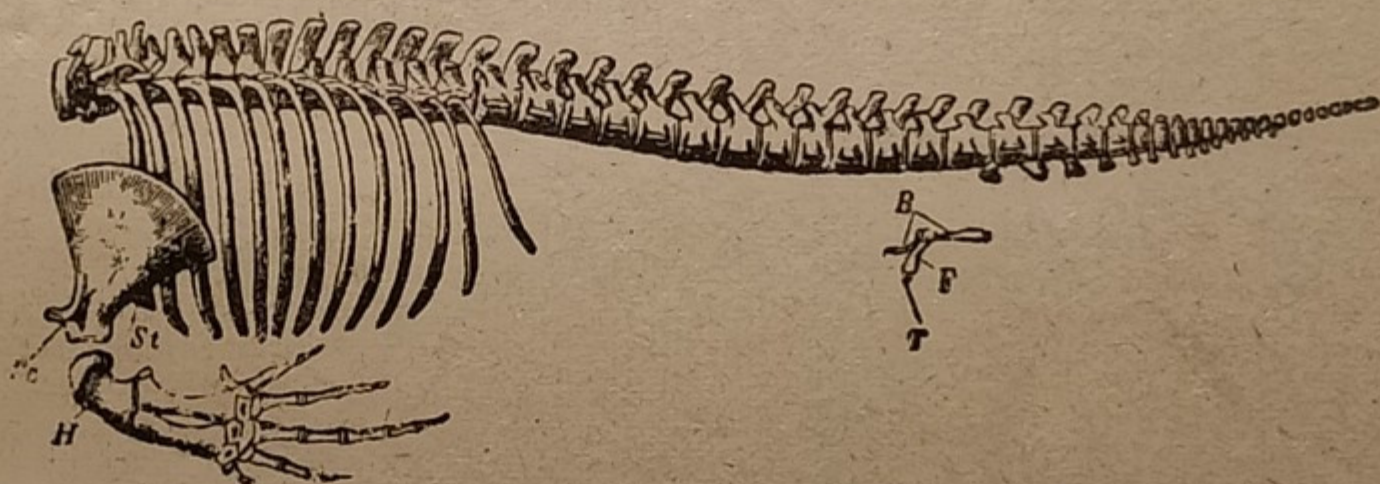
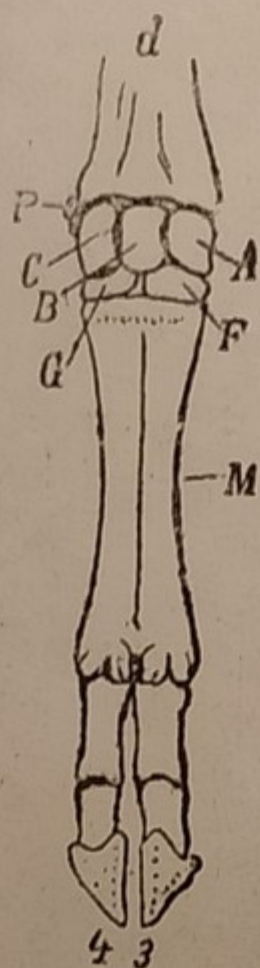
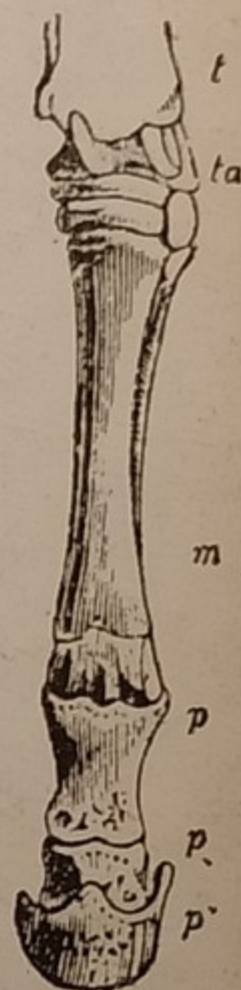
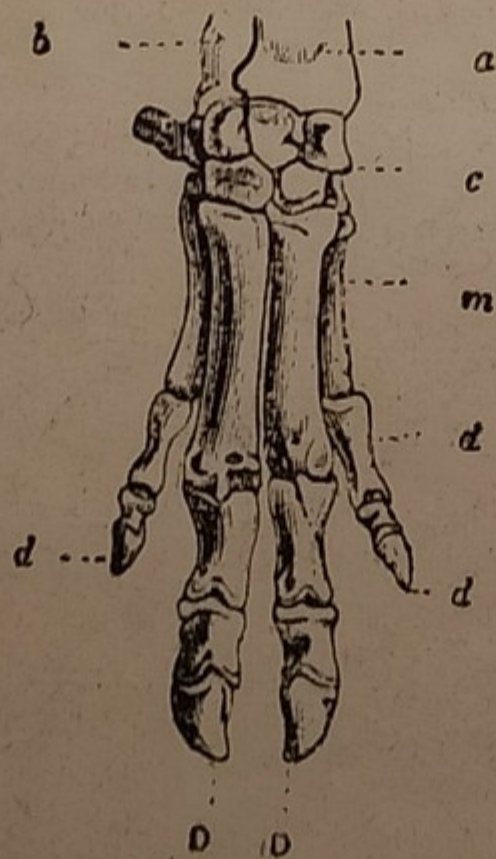



Fig. 107. - Scheletro di Balena (sottratto il capo che è alla fig. 104); *Sc*, scapola; *St*. sterno rudimentale unito alla prima costa; H, omero; B, bacino rudimentale; F, femore; T, tibia.

oppure mancano del tutto come nei *cetacei*. Anche nei mammiferi a locomozione terrestre e normale si possono notare variazioni importanti: poichè alcuni camminano posando a terra tutto il piede, e sono allora *plantigradi* (come l'*uomo* e *l'orso*), mentre i più non posano a terra che le dita e si dicono *digitigradi* (es. il *cane* e il *gatto*); alcuni poi hanno un dito o due eccezionalmente sviluppati e provvisti di grossa unghia o *zocco-*

Fig 108. - Arto anteriore di un pipistrello; *Cl*, clavicola: *Sc*, scapola: H, omero; R, radio; U, ulna; P, pollice; f. falangi.

lo (fig. 109): quelli che hanno un solo dito così fatto (il medio), sul quale camminano, si chiamano *perissodattili* (come il cavallo) e quelli che ne hanno due sono *artiodattili* (come il bue). Finalmente, i mammiferi che hanno tutti i piedi foggiati come la nostra mano in modo da essere prensili, per la opponibilità del pollice e dell'alluce, si dicono *quadrumani* (scimmie).

C) - di bue (*t*, tibia; *ta*, tarso: *m*, metatarso *p*, falangi)

B) - di Talpa.

A) - piede di cavallo.

D) - di Maiale (*a*, *b*, radio e cubito; *c*, corpo; *m*, metacarpo; *d*, falangi.

E) - di Rinoceronte.

Fig. 109. - Zampe di varii mammiferi.

Più profonde sono le modificazioni nella classe degli *uccelli*. Qui tutte le ossa del teschio sono generalmente fuse insieme,

però la mandibola è ben distinta ed è articolata sul cranio per mezzo di un piccolo osso speciale, che si trova poi anche nei

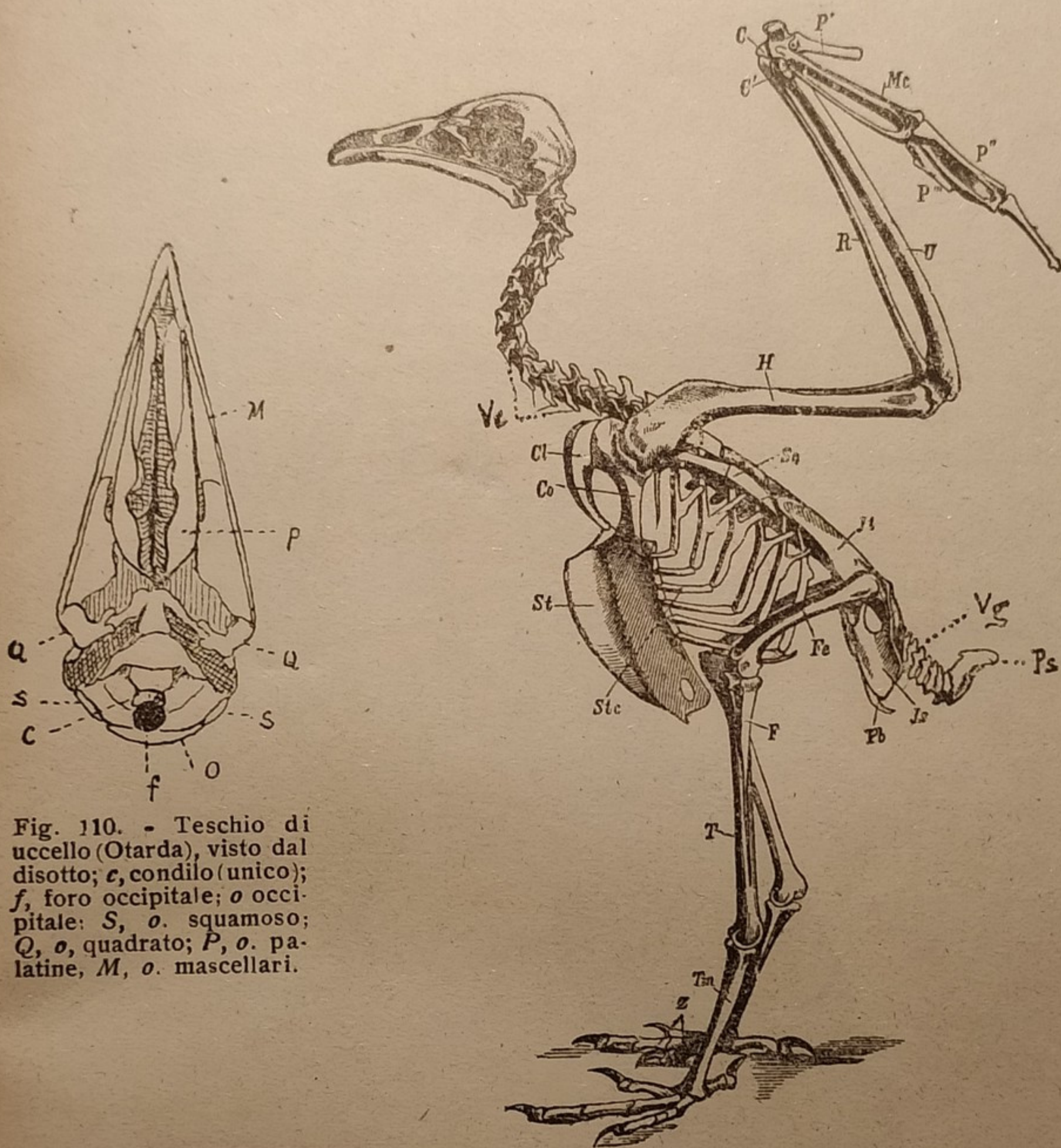



Fig. 110. - Teschio di uccello (Otarda), visto dal disotto; *c*, condilo (unico); *f*, foro occipitale; *o* occipitale: *S*, *o*. squamoso; *Q*, *o*, quadrato; *P*, *o*. palatine, *M*, *o*. mascellari.

Fig. 111. - Scheletro di Avoltoio; *vc*, vertebre cervicali; *cl*, clavicola; *Co*, coracoidi; *St*, sterno; *Stc*, *o*, sternocostali; H, omero; R, radio; U, ulna; *c*, carpo; *Mc*, metacarpo; P, falangi; *Sc*, scapole; *Il*, *o*. iliache; *Fe*, femore; T, tibia; F, fibula: *Tm*, tarso; *z*, falangi; *Pb*, *o*. pubiche; *Is*, *o*, ischiatiche *Vg*, vert. coccigee; *Ps*, pigostile.

vertebrati inferiori e che si chiama *osso quadrato* (fig. 110).

La cavità dell'orbita è molto ampia, il capo mobilissimo poggia sulla prima vertebra mediante *un solo condilo occipitale*.

Le vertebre cervicali sono numerose e molto libere nei movimenti, a differenza delle dorsali poco mobili, e delle lombari e sacrali che sono tutte fuse insieme (fig. 111); in quanto alle

coccigee, negli uccelli viventi sono ridotte e non formano una coda, ma solo una base d'impianto per le penne timoniere (nei

Fg. 112. - Uccello fossile (Archaeopterix): si notino i piccoli denti nelle mascelle e soprattutto l'eccezionale sviluppo delle vertebre coccigee.

fossili si hanno esempi di uccelli veramente codati (fig. 112). Assai caratteristico è il cingolo toracico, dove le scapole sono molto strette, i *coracoidi distinti e grossi* uniscono la scapola con lo sterno, mentre le due clavicole, lunghe e sottili, si uniscono tra loro per formare una tipica *forchetta* alla base del

collo. Lo *sterno è carenato*, cioè non piatto come nei mammiferi, ma sviluppato in una grande lamina col tagliente in avanti, atta alla salda inserzione dei potenti muscoli pettorali (infatti gli uccelli che non volano, come gli *struzzi*, non hanno questa carena).

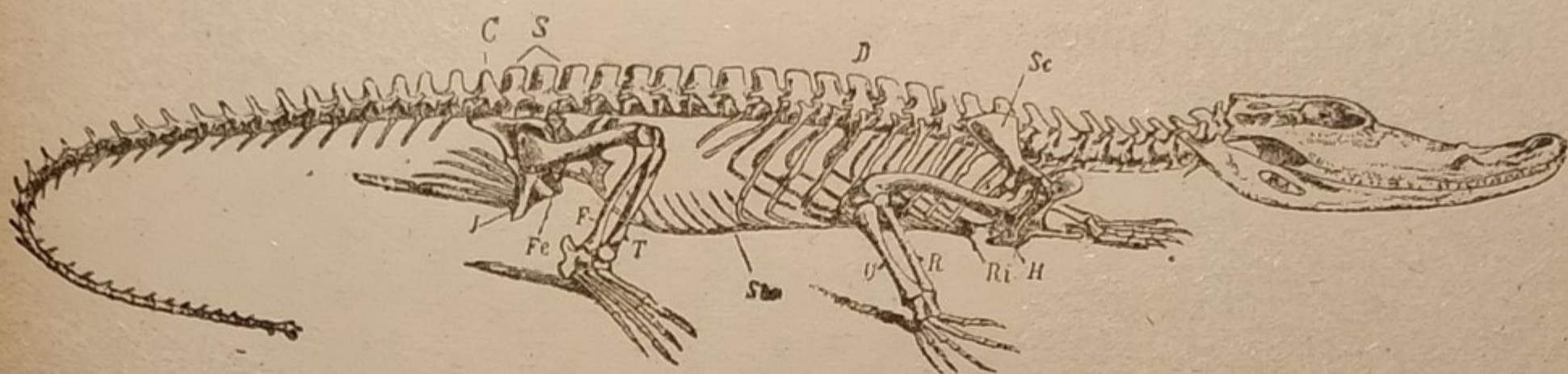



Fig. 113. - Scheletro di Coccodrillo; *Sc*, scapola; D, vert. dorsali; S, *v*, sacrali; C, *v*. codali; H, omero; *Ri*, coste; *R*, radio; *U*, ulna; *Sta* sterno; I, ischio; *Fe*, femore; *Ti*, tibia; F, fibula

Le estremità degli arti anteriori (trasformati in ali) sono distinte specialmente per la fusione e la riduzione di ossa; invece tutto l'arto posteriore è bene sviluppato e presenta specialmente di notevole la lunghezza della regione tarsale, fusa in un osso solo (il *tarso*) che volgarmente è ritenuto per gamba,

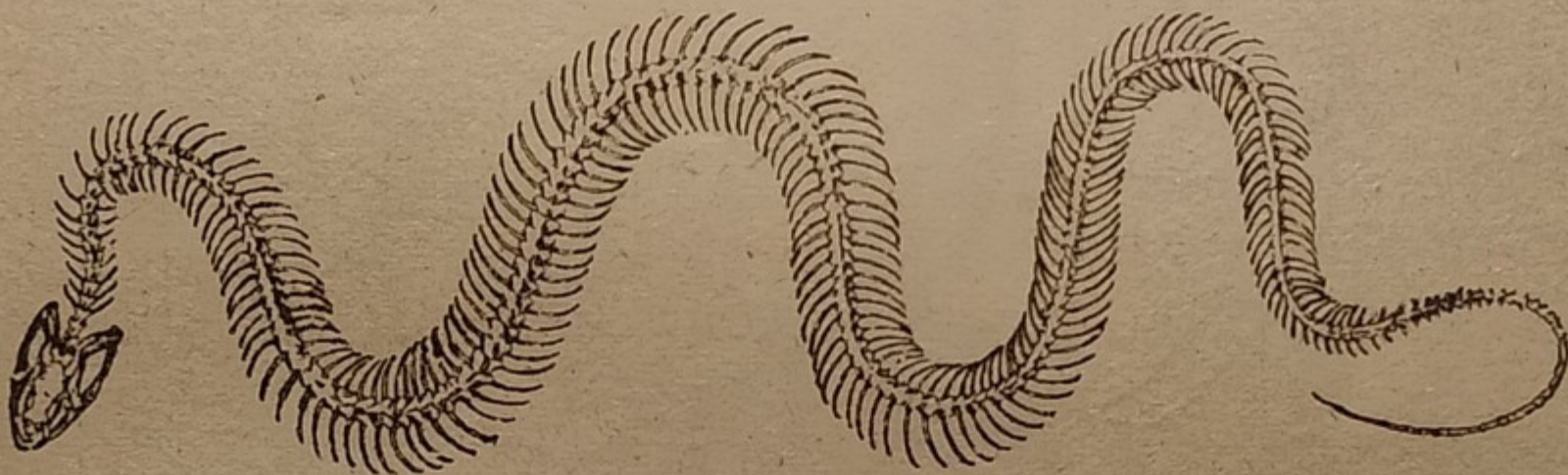



Fig. 114. - Scheletro di serpente.

mentre si ritiene per coscia quella che è la gamba vera, avendo per ischeletro la tibia e non il femore. Quest'ultimo è più in alto e molto sviluppato, in una posizione quasi orizzontale. Le dita variano di numero e di disposizione nei diversi ordini di uccelli (v. fig. 315). Il complesso dello scheletro è molto leggero pur essendo solidissimo, e molte ossa sono *pneumatiche* ossia piene d'aria, in rapporto con le *tasche aeree* di cui abbiamo già parlato.

Nei *rettili* il cranio ha molte affinità con quello degli uccelli, ha pure un osso quadrato ed un solo condilo, ma in genere le ossa sono ben distinte e le mascelle hanno denti (fig. 113). Del resto vi è grande variabilità a seconda dei gruppi: nei *serpenti* (figura 114) non v'è, dopo il cranio, che una lunga colonna di *vertebre simili* (fino a *trecento*), a cui sono unite molte *coste*

incomplete, perchè manca lo sterno, come mancano i cingoli e gli arti; nelle *lucertole* invece tutte le regioni dello scheletro sono rappresentate, ma gli arti sono brevi, e in certe specie molto rudimentali (per es. *orbettino*, *luscengola* ecc.); in questo caso vi è una superficiale affinità coi serpenti, alcuni dei quali

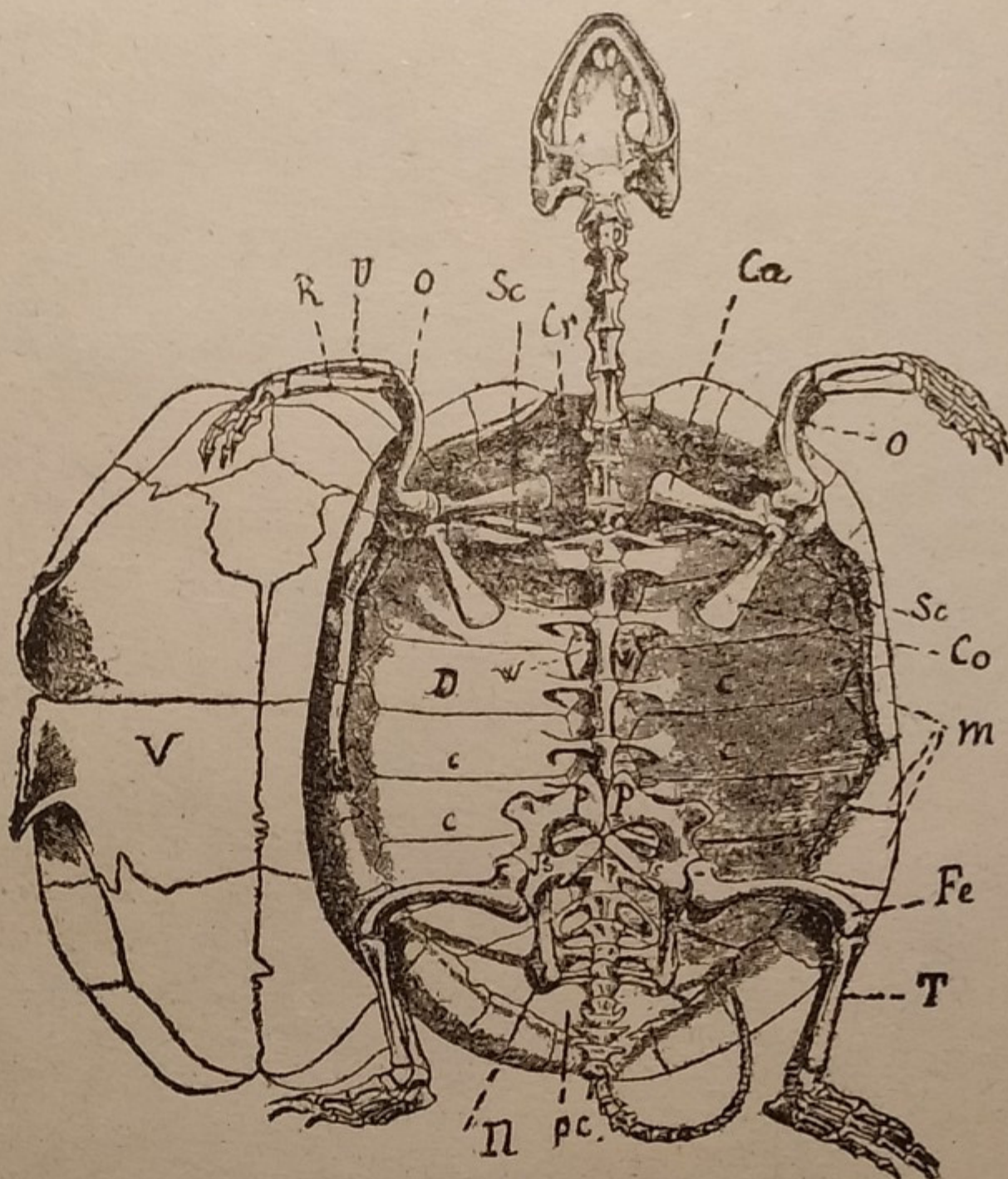



Fig. 115. - Scheletro di Testuggine : *Ca*, acromio ; *Co*, coracoide ; *Sc*, scapola ; *O*, ómero ; *U*, ulna ; *R*, radio ; *Fe*, Femore ; *T*, tibia ; *Il*, ilio ; *P*, pube ; *Is*, ischio ; *V*, piastrone ventrale (staccato) ; *D*, scudo dorsale (di cui ; *C*, placche costali ; *Cr*, pl. nucali ; *m*, placche marginali ; *pc*, placche pigiali : *w*, placche vertebrali).

(p. es. certe specie di *boa*) hanno pure rudimenti di arti addominali. Molto lontano dal normale è lo scheletro delle *testuggini* (fig. 115), il cui cranio robusto ha le mascelle *senza denti*, e le cui vertebre si fondono tra loro e anche con le coste per formare uno *scudo dorsale*, unito lateralmente con un *piastrone ventrale* risultante dalla trasformazione dello sterno, secondo alcuni, o più facilmente da ossa speciali di origine dermica.

Negli *anfibii* in genere la volta cranica è più o meno incompleta, l'osso quadrato esiste, i condili sono due, le coste brevi non raggiungono lo sterno; alcune parti dello scheletro sono cartilaginee fig. 116-117). Nelle forme *anúre*, ossia senza coda, come la *rana*, le vertebre sono pochissime e gli arti sono molto sviluppati, specie i posteriori, atti al salto ; invece nelle

forme *urodèle* o codate, come le *salamandre*, le vertebre sono numerose e gli arti brevi.

Nei *pesci* le trasformazioni dello scheletro sono così profonde che riesce molto difficile il confronto con gli altri verte-

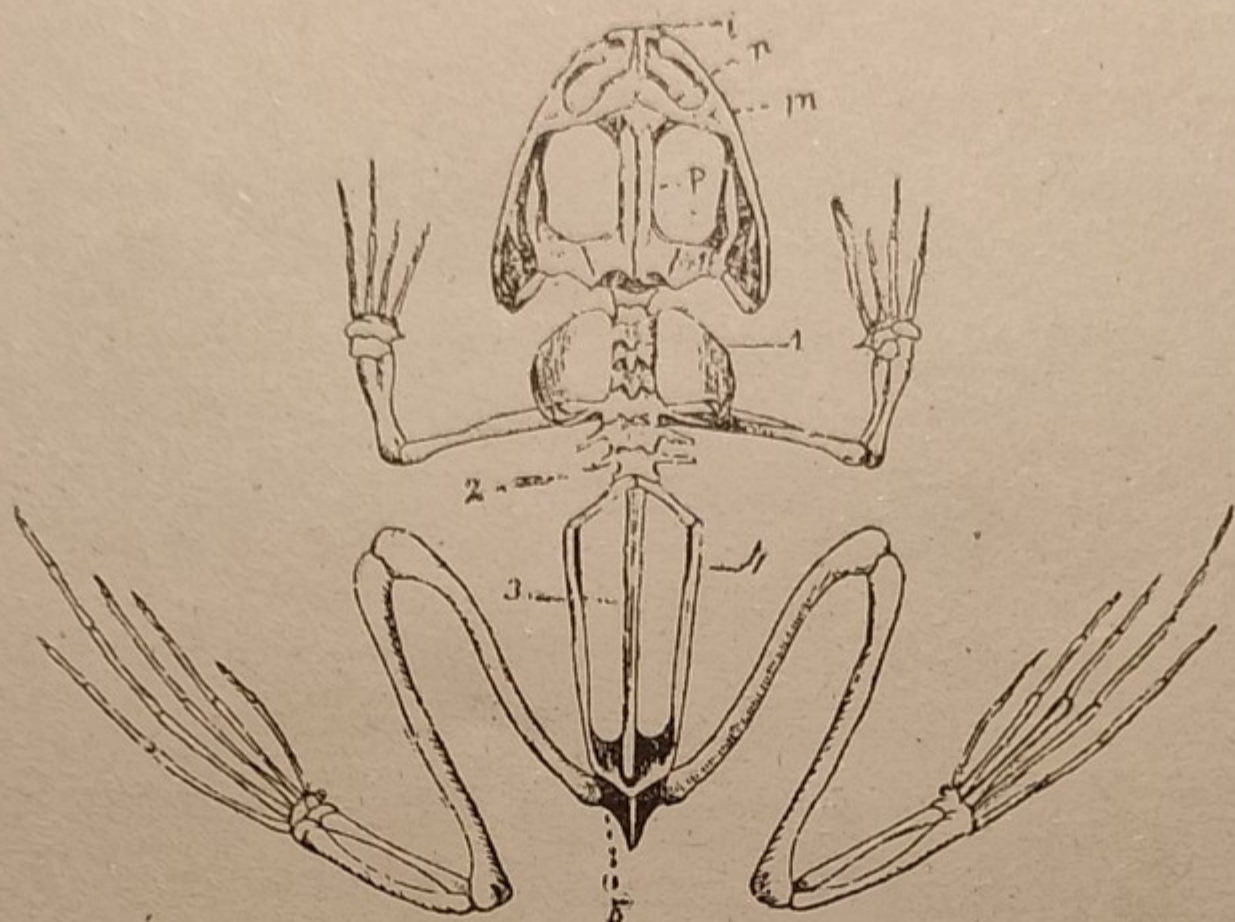



Fig. 116. - Scheletro di Rana; *i*, ossa intemascellari; *m*, mascellari; *n*. nasali; *p*, parietali e frontali unite; 1, scapola; 2, vert. sacrali; 3. vert. coccigee fuse; 4, *o*, iliache.

brati. Anzitutto bisogna notare che nelle forme inferiori (p. es. *pescicani*) lo scheletro resta *cartilagineo* per tutta la vita invece di diventare *osseo* come nei pesci superiori, ma anche in questi ultimi ha manifesti caratteri d'inferiorità. Le ossa sono quasi tutte *sottili*, la colonna vertebrale è fatta di molte vertebre simili tra loro, con le superficie di contatto concave, con apofisi spinose e trasverse sottili, come sono anche le coste che possono per altro mancare. Lo sterno non esiste e i cingoli sono poco sviluppati come gli arti (*pinne pari*) che non devono reggere il corpo, essendo questo sostenuto in massa dall'acqua; il cingolo toracico si unisce con le ossa del cranio, e quello pelvico, più rudimentale, resta isolato dal resto dello scheletro (fig. 118). Le *pinne pari* sono: le *pettorali*, presso il capo; e le *ventrali*, talora molto vicine alle prime e perfino più avanti, altre volte discretamente più in-

Fig. 117. - Cingolo toracico di Rana; *Ep*, episterno; *So*, sterno; *Sc*, sterno cartilagineo; C, clavicola; *Co*, coracoide; *o*, scapola: (N, B, le parti punteggiate sono cartilaginee).

dietro. Le *pinne dispari* (*dorsali*, *codali*, *anali*) non hanno a che fare con gli arti.

In rapporto con le apofisi spinose vi sono spesso altre ossa aghiformi che si prolungano fuori del corpo lungo la linea me-

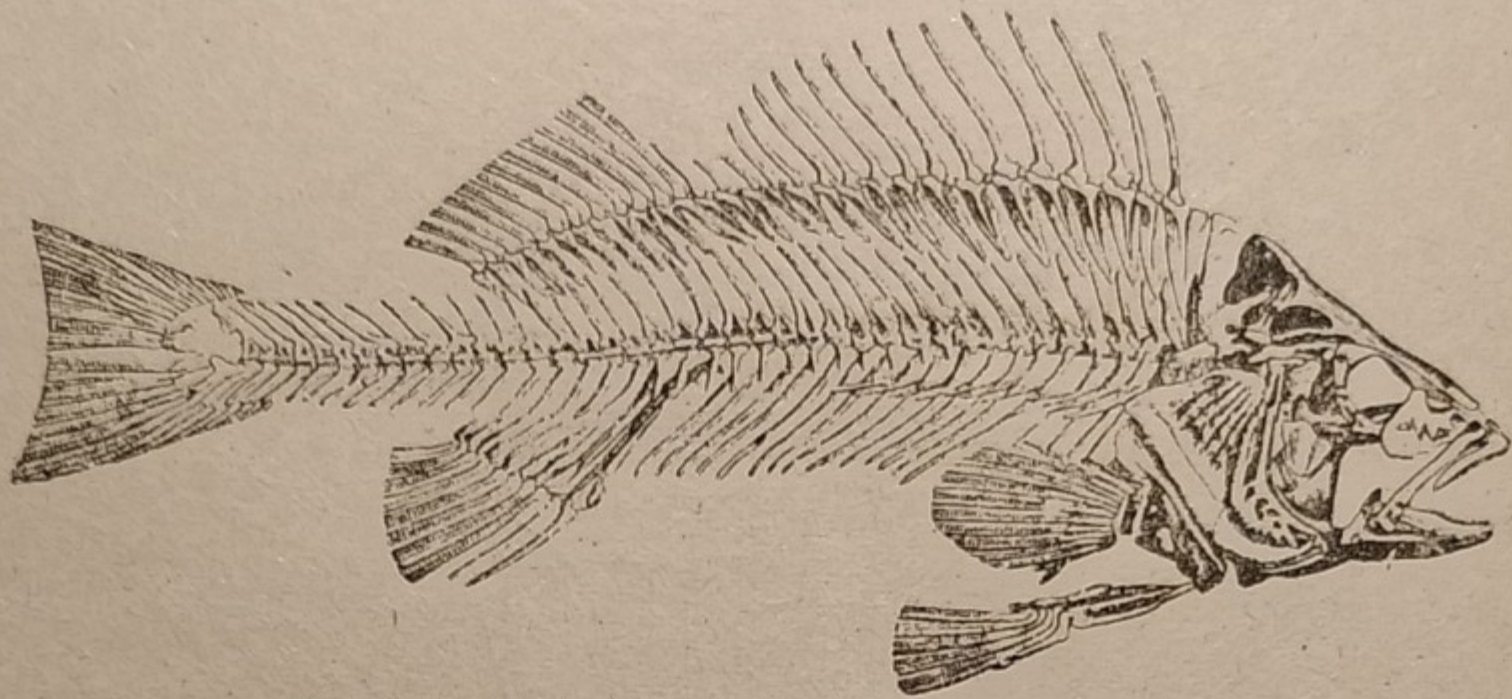



Fig. 118. - Scheletro di Pesce osseo (Perca).

diana dorsale e che formano i raggi di pinne impari particolari. Lo scheletro del cranio è formato da numerose e piccole ossa a disposizione varia, ed ha soprattutto di notevole lo sviluppo di varii *archi branchiali* che sono appunto destinati a sostenere

Fig. 119. - Apparecchio joideo della Perca (disegnato per metà): J, arco joideo coi rispettivi raggi; B, archi branchiali.

Fig. 120. - Cranio di Lampreda e principio di colonna vertebrale (tutto cartilagineo).

le laminette branchiali, e che insieme con altre piccole ossa formano un complicato *apparecchio ioideo* (fig. 119).

Concorrono a formare lo scheletro *ossa cutanee* che sono di origine superficiale e quindi al tutto diversa da quella delle altre.

Nei *ciclostomi* (vertebrati infimi, già compresi fra i pesci, ma ora generalmente separati) lo scheletro oltrecchè rimanere carti-

lagineo è ridotto, si può dire, alla sola colonna vertebrale incompleta ed al cranio privo di mascelle (v. fig. 120).

* * *

Negli animali inferiori invece di uno scheletro osseo o cartilagineo di origine interna, si ha uno scheletro esterno o *dermascheletro*, di svariatissimo aspetto, costituito di semplici sostanze di secrezione e non di speciali tessuti. In tutti gli *artropodi terrestri* (*insetti*, *ragni*, *millepiedi*) il dermascheletro è costituito dagli stessi tegumenti più o meno induriti per la presenza di una particolare sostanza organica detta *chitina*; negli *artropodi acquatici* (*crostacei*) si tratta per solito di un rivestimento più spesso e più duro, formato di sostanza minerale calcare, ossia di *carbonato di calcio*. Nei *molluschi* si ha un *conchiglia* che è pure calcare, ma ben distinta dalla pelle e con una struttura stratificata. Le *stelle* ed i *ricci di mare* hanno *gusci* calcari formati da tante piastre regolari saldate insieme. In certi vermi (*tubicoli*) si hanno dei *tubi* solidi di varia natura. Nei *coralli*, nelle *madrepore* e simili, si hanno dermascheletri calcari percorsi da canali interni e comuni ad intere colonie; siccome i singoli animali si chiamano *polipi*, il dermascheletro *coloniale* vien detto *polipaio*. Anche nelle spugne si hanno speciali polipai, e questi possono essere, oltrechè *calcarei*, anche *silicei* e *cornei*. Per ultimo, anche gli infimi *protozoi* possono avere *gusci* microscopici svariatissimi, individuali e coloniali, di natura *calcarea* o *silicea*. Per tutti questi dermascheletri si veggano le relative figure nella parte sistematica dei singoli gruppi.

Muscoli.

I muscoli hanno nella funzione di movimento la parte più *attiva*, come già sappiamo, ed assumono complessivamente nell'organismo un volume preponderante in confronto a tutti gli altri organi; basti pensare che tutta quella polpa rossastra che noi chiamiamo comunemente *carne* non è altro che la massa muscolare. Ma l'importanza di questi organi nell'anatomia comparata è molto secondaria, sia per la loro omogeneità di costituzione e di funzione (non hanno altra attitudine che quella di *contrarsi* o di *rilassarsi*, e se possono produrre effetti diversi

sulle parti che muovono, ciò dipende essenzialmente dalla disposizione di queste ultime), sia perchè, a differenza delle ossa, non resistono oltre la vita dell'organismo e perciò non lasciano quasi traccia nei fossili.

Abbiamo già visto che nelle pareti di molti organi, come il cuore, lo stomaco e l'intestino, vi sono strati più o meno potenti di tessuto muscolare; in questi casi i movimenti prodotti sono *interni* e *parietali*, ed hanno più che altro un ufficio di *regolazione* degli organi; ma tutta la massa di muscoli che, attaccandosi a pezzi articolati dello scheletro interno od esterno, ne determina i rispettivi spostamenti, ha un vero ufficio di *relazione*, perchè permette all'organismo di contrarre facili rapporti con gli altri o con l'ambiente in genere, mediante la locomozione (spostamento di massa) o l'esplicazione di atti esteriori più o meno espressivi ed influenti sul mondo esterno.

Fig. 121. - Muscoli e tendini dell'estremità dell'arto posteriore: *m*, muscoli; *t*, tendini; *l*, legamento annulare del tarso.

Sappiamo pure che i muscoli sono ammassi di fibre riunite in fascetti, che alla loro volta si riuniscono in fasci maggiori, ripetutamente; una sottile membranella connettivale (*perimisio esterno*) ravvolge tutto un muscolo e manda delle propaggini (*perimisii interni*) negli interstizii fra i singoli fascetti, dove penetrano anche dei capillari sanguigni.

Spesso delle fasce connettivali più robuste, dette *aponeurosi*, avvolgono i grandi muscoli o anche parecchi insieme, formando alle estremità come una specie di margine per l'inserzione del muscolo, o dei muscoli, sulle ossa. I muscoli stretti e lunghi (per es. quelli degli arti) s'inseriscono solitamente mediante robusti nastri bianchi, di aspetto madreperlaceo, di tessuto connettivo elastico, che si chiamano *tendini* (v. fig. 121): più precisamente le fibre muscolari s'inseriscono sul tendine e le fibre tendinee sul *periostio* (sottile membrana connettivale che riveste l'osso); ma qualche volta le fibre muscolari s'inseriscono direttamente sul periostio (mancando il tendine) o anche sull'osso (mancando il periostio).

I muscoli si contraggono o si rilassano secondo i diversi

stimoli che ricevono dei nervi, le cui fibre si vengono ad inserire singolarmente su quelle muscolari mediante particolari dilatazioni dette *placche motrici* (fig. 122).

Un muscolo tipico, insieme alle due ossa articolate a cui si attacca con le sue estremità tendinee, forma una leva interpotente, dove il fulcro è rappresentato dall'articolazione delle due ossa, la potenza del muscolo, e la resistenza dall'insieme delle forze che tendono ad opporsi all'avvicinamento delle due ossa.

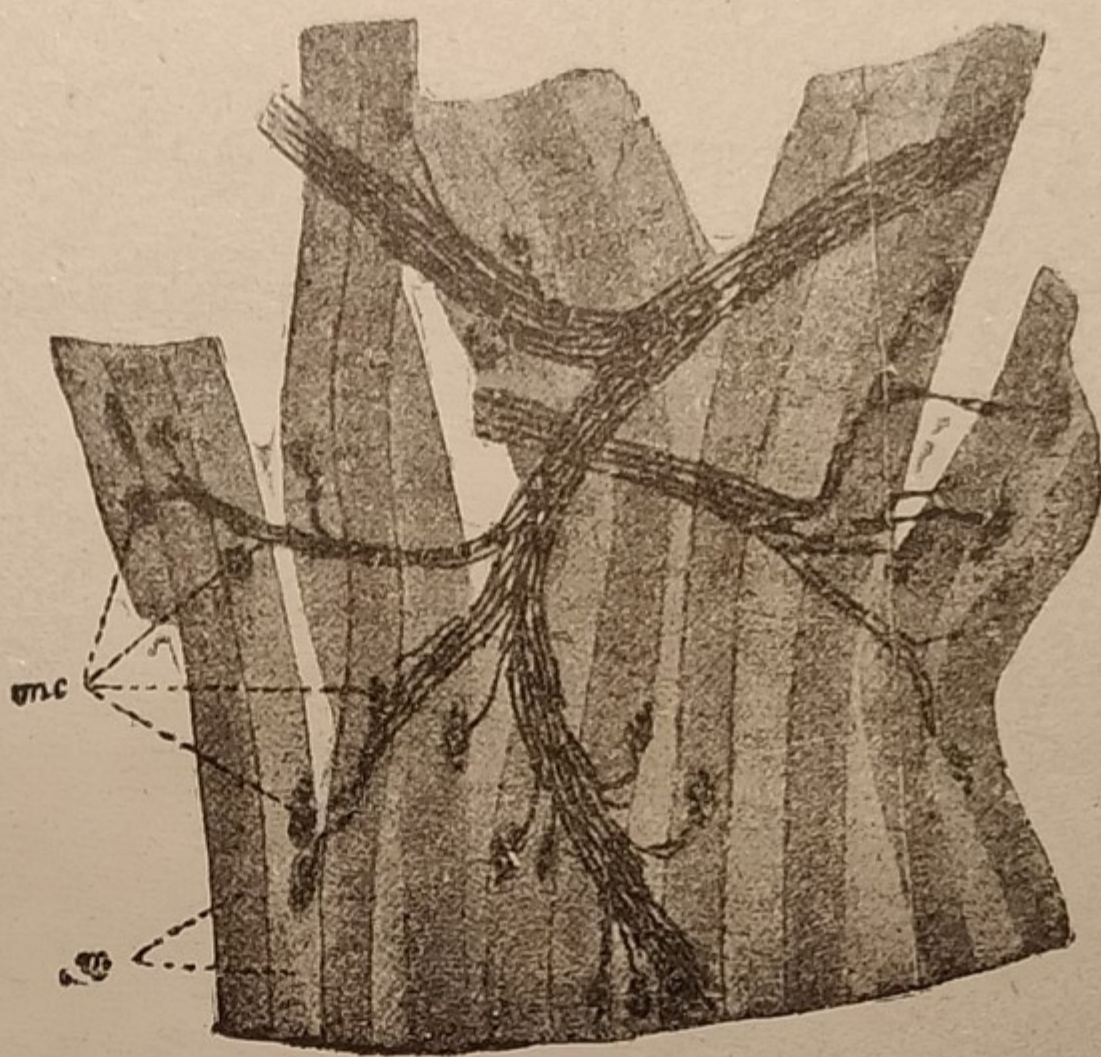



Fig. 122. - Terminazione nervose (placche motrici, *mc*) nelle fibre muscolari (*m*).

Alcuni muscoli sono larghi e piatti, altri lunghi e sottili, e per la maggior parte affusolati, alcuni molto grandi ed altri piccolissimi ; talora hanno le loro estremità bifide o trifide ; qualche volta hanno movimenti molto limitati che interessano solo la pelle (così, per esempio, abbiamo i muscoli *cutanei* che muovono la pelle nel cavallo, e nell'uomo stesso i muscoli *mimici* della faccia, che hanno grande importanza nella espressione delle emozioni).

Già conosciamo il valore della distinzione tra muscoli *lisci* (involontarii) e *striati* (volontarii), e sappiamo che non si può estendere agli animali inferiori dove tutti i muscoli sono lisci; in questi animali, mancando scheletro interno, i muscoli s'inseriscono naturalmente sul dermascheletro.

I muscoli dell'uomo sono circa 400, e non è qui il caso di descriverli ; l'unita figura 123 dà un'idea della loro distribuzione superficiale e delle loro forme svariate ; si distinguono singolarmente con nomi speciali secondo il loro ufficio (per es. *muscolo estensore del pollice*, *muscolo elevatore del mento* ecc.), secondo la loro forma (m. *trapezio*, m. *deltoide*), la loro posi-

zione (m. *grande pettorale*, m. *sacrolombare*), il loro modo d'inserirsi (m. *bicipite*, m. *tricipite*) e secondo le ossa che congiungono (m. *sterno-mastoideo*).

Organi e funzioni di senso.

Gli organi di senso rappresentano il *mezzo* per cui il mondo esterno è avvertito dall'organismo.

Fig. 123. - Muscoli del tronco (lato anteriore sinistro): B, muscolo sterno mastoideo; A, *m.* trapezio; C, *m.* deltoide; D, *m.* grande pettorale; E, *m.* grande dentato; F, *m.* retti dell'addome; G, *m.* grande obliquo; H, *m* bicipite del braccio; I, *m.* tricipite

Con questa definizione vengono escluse le interpretazioni abusive od equivoche della parola *sensazione*. Non bisogna confondere la *sensazione* con la semplice *impressione*, nè con l'*eccitazione*, nè con la *percezione*. Il mondo esterno può *impressionare* anche i corpi inanimati, anche gli inorganizzati, ossia può provocare delle particolari trasformazioni (una negativa fotografica è impressionata dalla luce); se le impressioni giungono su determinati corpi, che siano organizzati o viventi, possono diventare *eccitazioni*, ossia alterazioni funzionali nelle cellule e negli organi di questi corpi (una foglia od un'altra parte di una pianta può, per azione della luce, cambiare di aspetto e modificare la sua stessa funzione); ma solo se giungono su particolari organi degli animali (organi di senso) possono provocare trasformazioni più complicate, che per la via dei nervi giungono ai centri nervosi, dove diventano *sensazioni* da prima (quando non hanno ancora determinata nessuna idea sulla

loro provenienza) e *percezioni* poi (quando si associa alla sensazione un'idea).

Diremo, concludendo, che gli *organi di senso* sono mezzi *necessarii* ma *non sufficienti* per la percezione del mondo esterno. Gli organi di senso *ricevono* le impressioni, i *nervi* le *trasmettono* ai centri nervosi, e questi le *trasformano* in modo da essere *sentite* e *percepite*. Ma è dimostrato che se si recide un nervo di senso non si ha più sensazione anche se l'organo rispettivo sia perfettissimo, e tanto meno se si distrugge la parte del cervello dove penetra il nervo; non altrimenti un campanello elettrico cesserebbe di funzionare se si tagliassero i fili conduttori della corrente o si guastasse il congegno della soneria. D'altra parte non sarebbe nemmeno possibile la sensazione se, restando intatti il cervello ed il nervo, si guastasse l'organo di senso. Se noi immaginassimo di perdere ad un tratto tutti gli organi di senso, il mondo per noi cesserebbe di esistere o, per meglio dire, non esisterebbe più se non per i ricordi che potesse averci lasciato e che ci permetterebbero di farlo rivivere ancora nella nostra immaginazione.

Fig. 124. - Corpuscolo tattile comune o di Meissner in una papilla cutanèa: *c*, connettivo della papilla: *n*, filamento nervoso che si espande in numerose appendici.

Ma nella fisiologia animale si parla anche di *sensazioni interne*, cioè di impressioni portate ai centri nervosi da nervi che non provengono dagli organi di senso, ma dai muscoli o dagli organi interni. Possono ritenersi queste per vere *sensazioni*? Io credo di sì, solo quando esse diventino sentite in qualunque modo (per es. sotto forma di dolore); ma saranno semplici *eccitazioni* se si limiteranno a provocare, senza che l'animale abbia ad accorgersene, delle reazioni fisiologiche di varia natura (per es. delle secrezioni).

Ciò premesso diremo senz'altro che noi conosciamo con sicurezza *cinque* sensi distinti; il *tatto*, il *gusto*, l'*olfatto*, l'*udito*, la *vista*, ma, come ora vedremo, esistono anche degli organi di senso sulla cui interpretazione vi è tuttora molta incertezza.

Organi tàttili. — La funzione tattile è meno localizzata di

tutte le altre congeneri, perchè diffusa più o meno in ogni parte del corpo, ovunque arrivino terminazioni nervose.

Vi sono però organi speciali, detti con nome generico *corpuscoli tattili*, che sono numerosissimi, microscopici, e costituiti da tante piccole *papille*, cioè sporgenze molli, più o meno lunghe e strette, che dalla superficie del *derma* si spingono verso l'*epidermide* della pelle, racchiudendo nel loro interno un *filamento nervoso* notevolmente differenziato (v. fig. 75 e fig. 124-125). Questo filamento può essere più o meno rettilineo oppure ravvolto a spirale, attenuarsi alla sua estremità oppure ingrossarsi; ma è sempre ridotto al puro cilindrasse di una fibra, che si riveste, in compenso, di membranelle connettivali di vario aspetto. Si distinguono infatti, con nomi particolari, diversi corpuscoli (*di Pacini*, *di Meissner*, *di Krause* ecc.), e sembra che corrispondano anche a distinzioni funzionali secondarie del tatto (sensazioni di pressione, di spazio, di temperatura, ecc.), ma non si può dire ancora nulla di sicuro in proposito.

Fig. 125. - Corpuscolo di Pacini: (*a*) striature parallele attorno all'estremità (*b*) del filamento nervoso (*c*).

Se il senso tattile è diffuso dovunque, è però, nei diversi animali, più concentrato in una parte del corpo che non nelle altre. Nell'uomo sono più sensibili i polpastrelli delle dita, il palmo della mano, la punta della lingua. Nei *pipistrelli* sono molto sensibili la membrana interdigitale e quelle dell'orecchio esterno e del naso; nell'*elefante* l'estremità della proboscide; negli insetti le antenne (che sono anche olfattive); nei molluschi e in certi vermi i tentacoli, e così via. Particolarmente notevole è la cosidetta *linea laterale dei pesci* e delle *larve degli anfibii*, formata da ammassi di cellule sensoriali, disposte in linea dentro fossette o canali della pelle protetti da speciali rivestimenti solidi. Queste linee si vedono benissimo ai lati del corpo (v. fig. 51), e gli ammassi cellulari che contengono, e che sono anche interpretati come una specie di *sesto senso*, servono probabil-

mente a far percepire all'animale le variabili ondulazioni dell'acqua.

Organi gustativi. — Il senso del gusto è notevolmente più localizzato: nell'uomo e negli animali superiori in genere è limitato alla superficie superiore della *lingua*, al *palato molle*, ai *pilastri anteriori* del palato stesso; solo eccezionalmente sembra che si possa estendere ad appendici molli non lontane dalla bocca ma fuori di essa (per es. nei cosidetti *barbigli* di certi pesci, come le comunissime triglie; v. fig. 126).

Fig. 126. - Triglia (Mullus barbatus) con barbigli gustativi cotto il capo.

Gli organi specifici del gusto sono i *calici gustativi* e non già le intere papille linguali dove essi sono specialmente localizzati, perchè vi sono anche dei calici isolati indipendenti dalle papille. Sulla mucosa della lingua vi sono papille (sporgenze della mucosa) di diverso tipo: alcune più sottili e più numerose dette *filiformi*, sono esclusivamente tattili, altre dette *fungiformi* perchè dilatate all'apice, possono portare dei calici ma solo eccezionalmente; mentre la massima parte di questi è distribuita alla base di certe papille molto più grosse delle altre e visibili ad occhio libero, che si chiamano papille *circumvallate*, e che sono distribuite in file convergenti verso la parte mediana e posteriore della lingua (v. figura 127). Ogni *calice*, microscopico, risulta di una doppia serie di cellule disposte in giro in modo da limitare una piccola cavità globosa: le cellule esterne lunghe e ricurve sono semplici cellule epiteliari trasformate, e non hanno che una funzione protettrice, mentre quelle interne, poco diverse per forma (più appuntite) sono quelle gustative. Il calice è aperto

Fig. 127. - Superficie della lingua con papille circumvallate in linee convergenti verso il centro; in fondo l'ugula, i pilastri del palato, l'istmo delle fauci.

all'estremità superiore mediante un piccolo *poro*, e riceve dalla parte inferiore filamenti nervosi che avvolgono le cellule gustative e che evidentemente conducono le impressioni di gusto al cervello. Mentre gli organi tattili sono innervati da fibre di tanti nervi diversi (anche spinali), quelli gustativi non sono innervati che da fibre del *nono* paio di nervi craniali (nervo *glossofaringeo*) e tutto al più col concorso (non accertato) di fibre di qualche altro nervo craniale ; anche questo fatto denota una maggiore localizzazione; e quindi una superiorità del senso gustativo in confronto a quello tattile.

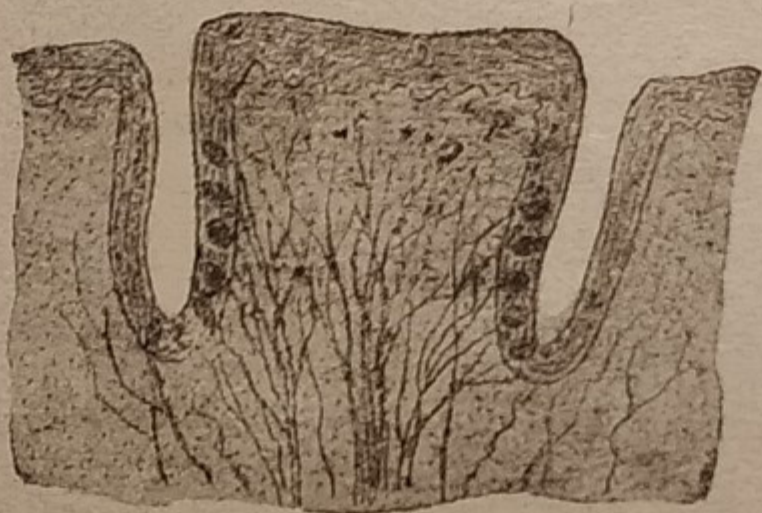



Fig. 128. - A, Papilla circumvallata coi calici gustativi in fondo (forte ingranmento

Fig. 128. B, Calice gustativo isolato, ad ingrandimento maggiore

Perchè una sostanza si renda gustosa bisogna che penetri dentro il calice per il piccolo poro, e ciò non può avvenire se non sia disciolta dalla saliva ; sicchè non sono gustose che le sostanze *solubili*.

È discutibile se le infinite varietà di gusti che sentiamo nelle sostanze siano da attribuirsi ad altrettante specificazioni del senso gustativo; alcuni fisiologi pensano che a provocare le diverse sensazioni che crediamo esclusivamente gustative intervenga invece l'*olfatto* e persino il *tatto*, e giungono ad asserire che non vi siano in sostanza che due sensazioni gustative distinte: quella del *dolce* e quella dell'*amaro;* la maggior parte è però d'avviso che anche l'*acido* ed il *salato* siano sapori distinti ; qualcuno finalmente attribuisce al gusto anche altre specifiche sensazioni. Le opinioni sono ancora discordi, ma certo è che la posizione degli organi gustativi all'inizio del tubo digerente prova che il loro significato fisiologico è quello di permettere all'animale la *scelta dei cibi*, introducendo gli utili e rifiutando i dannosi, e

per questo basta la semplice distinzione tra il *gradevole* e lo *sgradevole*. È probabile dunque che il *dolce* e l'*amaro* siano i due gusti fondamentali, ma che poi, per graduali differenziamenti, il senso abbia acquistato l'attitudine a varie altre distinzioni. Le esperienze sono naturalmente ostacolate dalla difficoltà di escludere del tutto l'intervento dell'olfatto e del tatto.

Si sa che il senso del gusto è sviluppato anche in molti animali inferiori che mostrano spiccate predilezioni nella scelta degli alimenti, ma l'anatomia comparativa dei rispettivi organi è tuttora ignorata.

* * *

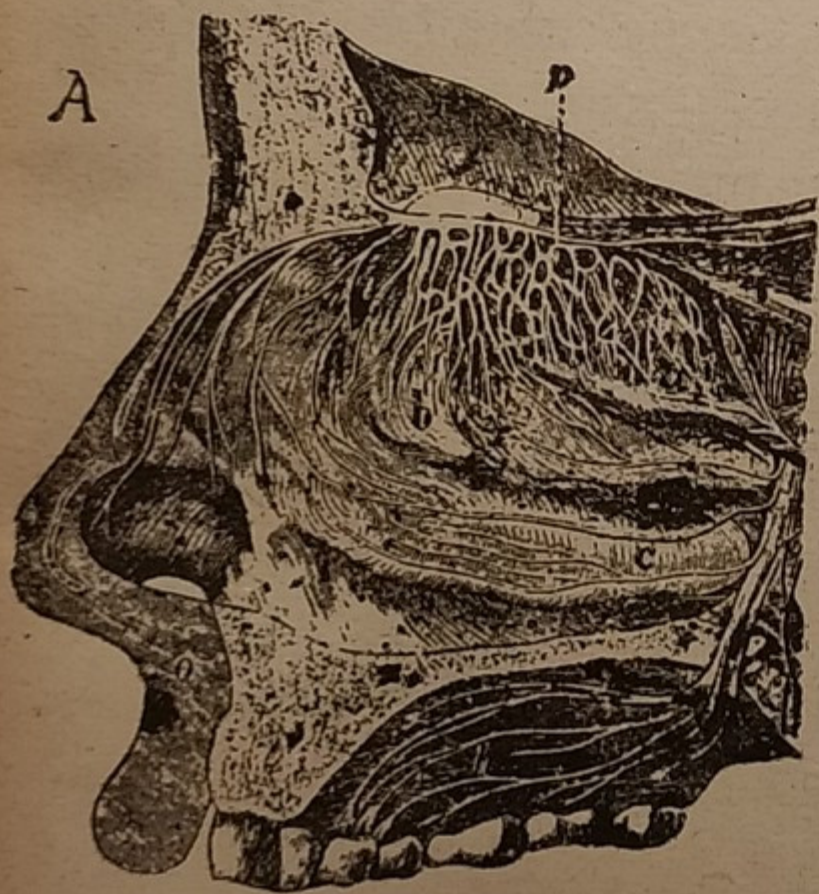
Organi olfattivi. — Si nota per questi una localizzazione anche più evidente, sia perchè è più circoscritta in ogni animale

nFig. 129, A. - Sezione longitudinale del naso per mostrare la distribuzione del ervo olfattivo (*p*) fra le pieghe della mucosa.

Fig. 129, B. Cellule olfattive, intramezzate da cellule epiteliari con basi ramificate (a, in rana; b, in uomo).

la località della loro distribuzione, sia perchè le fibre nervose che vi sono adibite dipendono da un solo paio di nervi specifici, cioè dai *nervi olfattivi*, formanti il *primo* paio dei craniali. Il perfezionamento funzionale di questi organi è anche molto più grande perchè non v'è dubbio sulla molteplicità delle sensazioni olfattive e sulla loro straordinaria delicatezza (imper-

cettibili traccie di sostanze odorose sono sentite da molti animali a distanze notevoli; basti pensare all'olfatto dei cani da caccia).

Nell'uomo e negli animali superiori gli organi olfattivi sono collocati nella mucosa che riveste le *fosse nasali* e che è detta *pituitaria*, ma più precisamente nell'epitelio della sua regione più alta. Constano di tante *cellule olfattive* (separate da cellule epiteliari ordinarie), di forma tondeggiante, ma prolungate ai due estremi da tratti filamentosi: uno di questi sporge sulla superficie libera della mucosa verso le fosse nasali, l'altro si addentra fra gli strati profondi, mettendosi in comunicazione con una fibra del nervo olfattivo (fig. 129).

Sebbene, apparentemente, noi sentiamo gli odori a distanza, la sensazione implica qui pure un *contatto materiale*: occorre che particelle tenuissime delle sostanze odorose vengano a contatto con le terminazioni libere delle cellule olfattive, e che quindi quelle sostanze, se non direttamente gazose, siano più o meno *volatizzabili*. Ed occorre anche un'altra condizione: che quelle particelle siano sospese nell'aria *in movimento*; per questo si usa *fiutare*, ed opportunamente le cellule olfattive sono nelle fosse nasali dove passa sempre una corrente d'aria.

Gli organi olfattivi sono perfezionati nei *carnivori* in genere; rudimentali nei *cetacei*, con cellule vibratili negli *uccelli* e negli *anfibii*. Negli animali inferiori possono essere collocati in luoghi diversi (per es. nelle *antenne* degli *artropodi*), ed avere pure una sensibilità grandissima; ma generalmente sono tuttora poco conosciuti.

* * *

Organi auditivi. — Negli animali superiori gli organi dell'udito sono gli *orecchi*, e sono sempre in numero di due, posti ai lati del capo simmetricamente, e al tutto uguali in uno stesso individuo, sicchè basta descriverne uno. Prenderemo per tipo quello dell'*uomo*, e dopo averlo descritto tratteremo della relativa funzione.

L'orecchio si può dividere in tre regioni ben distinte: l'orecchio *esterno*, il *medio* e l'*interno*.

L'orecchio *esterno* comprende il *padiglione* e il *condotto uditivo*. Il *padiglione* è costituito da una grossa lamina al-

quanto indurita da abbondante tessuto cartilagineo, e complicata da varie caratteristiche ripiegature, che vi determinano delle regioni distinte anche con nomi particolari (*elica*, *antelica*, *trago*, *antitrago* e *lobulo*). Il padiglione forma nella parte mediana una *conca* che poi si riduce, per il *foro uditivo*, in un breve canale (poco più di due centimetri) detto *condotto uditivo*, il quale è scavato nella porzione massiccia dell'osso temporale, e chiuso in fondo da una delicata membrana, che si chiama *membrana del timpano* (fig. 130, t).

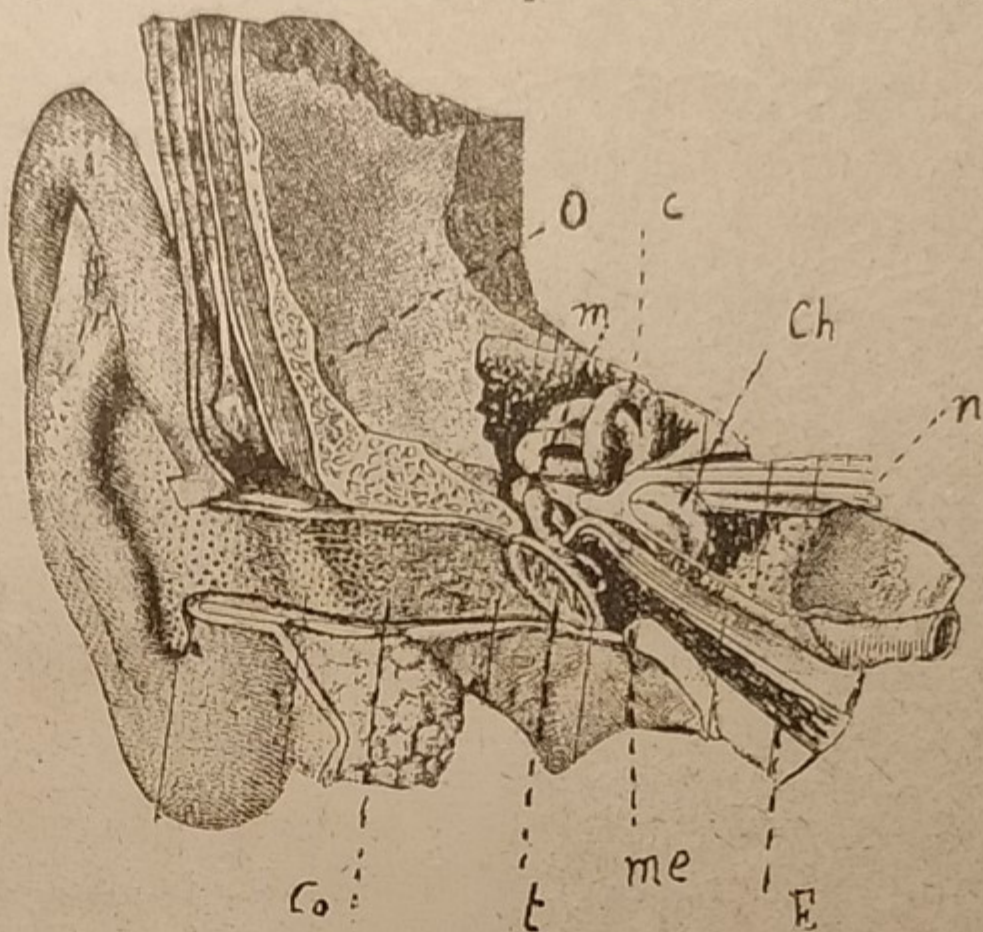



Fig. 130 - Le regioni dell'orecchio: *Co*, condotto uditivo *t*, membrana del timpano; *me*, orecchio medio con ossicine, fra cui si vede distintamente il martello (*m*); E, tromba di Eustachio; C, canali semicircolari; *Ch*, chiocciola; *n*, nervo acustico; O, osso temporale in sezione.

Al di là di questa membrana incomincia l'orecchio *medio*, detto anche *cassa del timpano*, piccola cavità (molto più breve del condotto uditivo), nella quale si distinguono quattro caratteristici ossicini, articolati fra loro e indicati con nomi che si riferiscono alla rispettiva forma (*martello*, *incudine*, *osso lenticolare*, *staffa*). Procedendo dall'esterno si nota prima il *martello*, che è appoggiato alla membrana del timpano, poi l'*incudine*, poi il piccolissimo *osso lenticolare*, e finalmente la *staffa*, la cui base corrisponde perfettamente ad un'apertura detta *finestra ovale*, e comunicante con l'orecchio interno. Un'altra piccola apertura detta *finestra rotonda*, chiusa da un'adatta membranella, mette pure in rapporto l'orecchio medio con quello interno.

Perchè la membrana del timpano resti regolarmente distesa la cassa del timpano è piena d'aria alla stessa pressione di quella esterna, e a questo scopo provvede un apposito condotto, la *tromba di Eustachio*, che si apre da un'estremità nella stessa cassa del timpano e dall'altra nella faringe.

Al di là della finestra ovale e della rotonda vi è l'*orecchio interno*, scavato pure nell'osso temporale e chiamato *labirinto* per la sua grande complicazione (v. fig. 132). Le sue pareti sono

formate da speciali membrane che si adattano perfettamente alle pareti dell'osso, lasciando solo interposto un piccolissimo spazio occupato da un liquido detto *perilinfa*, mentre nelle cavità che esse racchiudono vi è un altro liquido detto *endolinfa*. L'intero labirinto si può dividere in tre regioni: il *vestibolo* in mezzo, i canali *semicircolari* da una parte e la *chiocciola* dall'altra. Il vestibolo è diviso poi in due piccole cavità: una inferiore o *sacculo*, comunicante con la chiocciola, ed una superiore od *otricolo*, comunicante coi canali semicircolari. Questi canali, disposti a semicerchio, sono tre e su tre piani rispettivamente perpendicolari; costituiscono la parte più voluminosa del labirinto, ma, come vedremo, la meno importante nella funzione auditiva. Invece la piccola *chiocciola* è la parte essenziale del complicato apparecchio: essa è costituita da un tubicino che si avvolge a spirale sopra sè stesso, salendo alquanto come la conchiglia di una chiocciola, ed è internamente suddivisa, per mezzo di membranelle, in vari canalicoli secondarii longitudinali (v. fig. 133). Nel più piccolo di questi (*scala acustica*) sopra la membranella detta *basilare* si trova il complicatissimo *organo dei Corti*, (1) che risulta essenzialmente di varie migliaia di microscopici archi elastici, ciascuno dei quali è formato di due articoli distinti convergenti verso l'alto e divergenti verso la membranella basilare; e sopra i singoli articoli sono appoggiate delle cellule particolari lunghe e ciliate, che certo hanno ufficio dominante nella funzione auditiva, non ancora ben nota nelle sue estreme esplicazioni mec-

Fig. 131. - Ossicine dell'orecchio: 1-4, parti del martello; 5-7, parti dell'incudine; 8, osso lenticolare; 9, staffa.

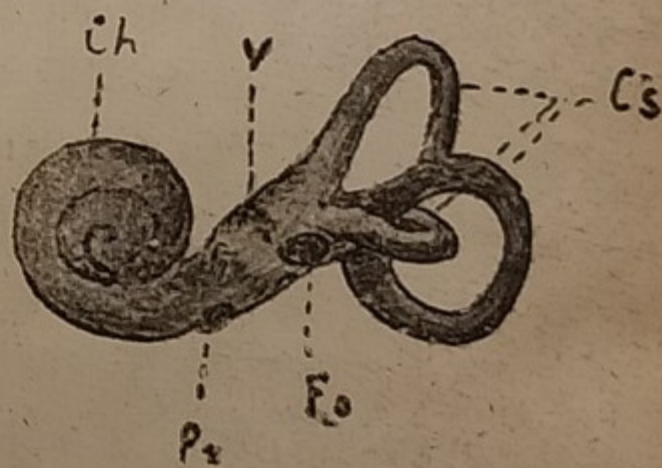



Fig. 132. - Labirinto isolato: *Ch* chiocciola; V, vestibolo: *Fr*, finestra rotonda; *Fo*, finestra ovale; *Cs*, canali semicircolari.

(1) In onore del nostro illustre connazionale Don Bonaventura Corti (1729-1813).

caniche. Gli archi e le cellule sono immersi nell'endolinfa e sono in rapporto con altrettanti filamenti derivati dal *nervo acustico* (ottavo paio craniale). La membrana che chiude la finestra rotonda corrisponde internamente con la base della chiocciola, mentre la staffa che chiude la finestra ovale si trova di fronte al vestibolo.

Per intendere il meccanismo funzionale bisogna ricordare anzitutto che il *suono* dipende da un movimento vibratorio dei corpi, e che le *vibrazioni* si propagano per *onde* in tutte le direzioni purchè si effettuino in un mezzo elastico qualunque. Per noi il mezzo normale di propagazione è l'aria, ma in generale può essere un corpo qualunque anche liquido o solido. Se le vibrazioni si effettuano con regolarità (cioè con intervalli uguali) si hanno dei veri suoni, altrimenti dei semplici rumori. Le vibrazioni possono essere più o meno *ampie* e *veloci*, producendo corrispondentemente suoni più o meno *intensi* ed *alti*, che per rendersi percepibili all'orecchio degli animali devono essere compresi tra *limiti* fissi di ampiezza e di velocità. Nei suoni distinguiamo però anche un'altra proprietà notevole che è il *timbro:* due note ugualmente alte ed intense possono essere diversissime a seconda della natura del corpo sonoro; così, per esempio, non esitiamo a distinguere il suono di un flauto da quello di un violino, anche se corrispondano alla stessa nota musicale.

Fig. 133. - Sezione della Chiocciola. A, scala vestibolare; B, scala collaterale (o canale cocleare): C, scala timpanica; D, scala mediana (o scala acustica); *b*, membrana basilare; *c*, organo del Corti; *n*, nervo acustico.

Ciò premesso, possiamo aggiungere qualche cenno sulla funzione particolare delle varie regioni dell'orecchio.

Il padiglione serve a far convergere le onde sonore verso il condotto uditivo, dove provocano vibrazioni nella sensibilissima membrana del timpano. Questa le trasmette alla serie degli ossicini e a tutta l'aria della cassa del timpano in genere, che, alla loro volta, per mezzo della finestra ovale e della rotonda le comunicano alla perilinfa, alle pareti membranose della chiocciola, all'endolinfa e all'organo del Corti. Il gran numero degli

archi e delle cellule di quest'organo dipende probabilmente dal fatto che ogni cellula è suscettibile di reagire soltanto ad una determinata specie di vibrazioni, e che alla percezione di una serie variabile di suoni concorre una corrispondente serie di cellule. Quando si pensi alle meravigliose attitudini musicali del nostro orecchio non ci sorprende la complicazione straordinaria dell'organo del Corti. Bisogna notare però che un orecchio può essere sensibilissimo come il nostro alle variazioni qualitative dei suoni, ed essere meno adatto di altri alla percezione quantitativa: molti animali mostrano di avere un udito più acuto del nostro senza avere certamente attitudine musicale.

La funzione dei *canali semicircolari* sembra che non abbia alcun rapporto con quella auditiva; esperienze fatte su varii animali dimostrerebbero che dipende da questi canali un senso speciale di *equilibrio* del corpo, perchè asportandoli, o tagliando il nervo acustico, si hanno negli animali dei fenomeni caratteristici di vertigine e di movimenti oscillatorî irresistibili e continui del capo e di tutto il corpo.

In quasi tutti i *mammiferi* l'orecchio è formato sullo stesso tipo di quello dell'uomo; solo il padiglione può cambiare molto di forma, e in certi casi (mammiferi acquatici come le *foche* e i *delfini*, o viventi sotterra, come le *talpe*) può rendersi rudimentale fino a scomparire del tutto.

Negli *uccelli* manca il padiglione, e l'orecchio interno non ha la chiocciola, ma in sua vece, una particolare cavità detta *lagena*, che è in relazione col sacculo e che contiene l'organo del Corti.

Nei *rettili* si riduce anche l'orecchio medio, mentre l'interno ha una *lagena* più semplice. Riduzioni consimili e anche maggiori si trovano negli *anfibii*.

Nei *pesci* esiste soltanto l'orecchio interno, e siccome questo non ha più la lagena ma solo il vestibolo e i canali semicircolari, si ritiene che non debba servire come organo uditivo, bensì come organo *statico*, ossia di equilibrio; e i pesci sarebbero dunque dei *sordo-muti*, nei quali vi è però il compenso di una sensibilità tattile delicatissima. Le caratteristiche pietruzze che si trovano nel vestibolo, e che sono dette *otoliti*, possono meritare ancora questo nome (= pietre dell'orecchio) solo perchè sono localizzate nell'organo corrispondente all'orecchio degli al-

tri vertebrati, ma equivalgono funzionalmente alle *statoliti* degli animali inferiori, di cui ora diremo.

In questi ultimi gli organi uditivi sono pochissimo noti: solo negli *insetti* si hanno dei piccoli organi, in varie parti del corpo, sul cui valore acustico non sembra più esservi dubbio.

Le piccole vescichette che si trovano spesso alla superficie del corpo dei molluschi, dei vermi, delle meduse, e che erano note col nome di *otocisti* perchè interpretate come acustiche, sono ormai indicate col nome di *statocisti*, e le pietruzze calcari che esse contengono, immerse nel liquido che riempie la vescichetta, sono dette *statoliti*, (invece di *otoliti*) perchè la loro qualità di organi *statici* sembra evidente.

Organi visivi. — In tutti gli animali questi organi sono indicati col nome di *occhi*, e compiono la funzione di senso certamente più importante, perchè continuamente attiva e in mille guise provvida all'animale in genere, e più delle altre complessa ed elevata.

In realtà il mondo esteriore non ci si rivela per gli altri sensi che in determinati momenti: per esempio quando un corpo ci urta direttamente, o ci trasmette per mezzo di un altro le sue occasionali vibrazioni, o viene disgregato nelle sue molecole e portato per queste a contatto con le cellule olfattive o con i calici gustativi dei nostri organi particolari; ma tutte le volte che teniamo gli occhi aperti e vi sia appena qualche bagliore di luce, i corpi si rivelano a noi con le loro più svariate caratteristiche di grandezza, di forma, di colore, di lucentezza, e li possiamo scorgere contemporaneamente in numero sterminato per l'infinito spazio ed averne rivelazioni anche dai mondi lontani. Di più, la funzione visiva si compie senza materiale contatto coi corpi, senz'altro mezzo che quell'enigmatico *ètere cosmico* che non ha ancora avuto nessuna seria definizione. Possiamo dire, in sostanza, che l'occhio, come tutti gli organi di senso, è un mezzo di relazione tra l'organismo e l'ambiente, ma un mezzo più elevato, in quanto permette le relazioni non solo con gli altri corpi più o meno vicini, ma anche con quelli più lontani, con tutta la natura in genere. Solo il cervello, come vedremo, può permettere relazioni di ordine più elevato; poichè nel suo più alto grado di sviluppo, diventa l'organo del pensiero, per cui la natura si mette in comunicazione con qualche cosa che si intuisce ancora al di fuori e al disopra di essa e che usiamo chiamare col nome di « spirito ».

Osserviamo qui di passaggio che la maggior parte delle arti, come

l'archittettura, la scultura e la pittura hanno per fondamento l'educazione del senso visivo del nostro organismo.

Nell'uomo come in tutti gli animali superiori anche gli occhi sono organi pari e simmetrici, collocati sul capo, più o meno lateralmente; noi, come al solito, prenderemo per esempio l'occhio dell'*uomo*.

Si distinguono nell'occhio parti *accessorie* e parti *essenziali*. Fra le parti accessorie notiamo: le *palpebre* con le rispettive *ciglia*, le *ghiandole lagrimali*, la *congiuntiva*, i *muscoli speciali*. Le parti essenziali si compendiano nel *bulbo*, che, come vedremo, è però complicatissimo.

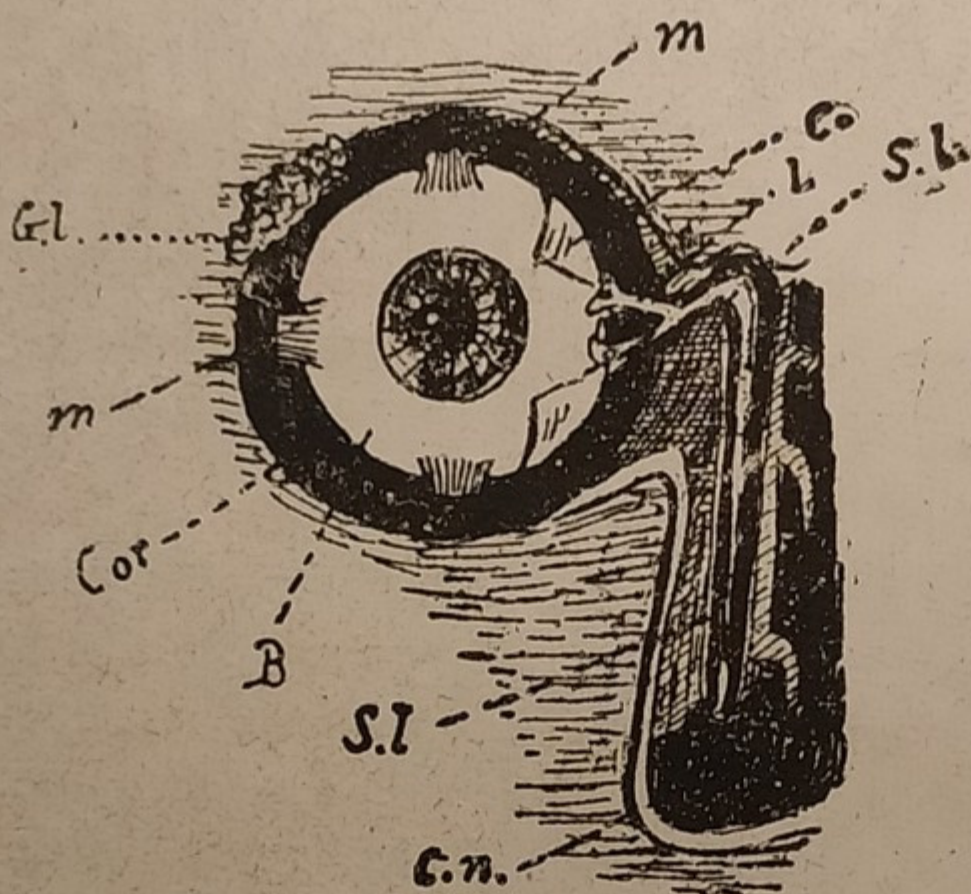



Fig. 134. - Parti accessorie dell'occhio (schema): *Gl*, ghiandole lagrimali; *m*, muscoli oculo-motori; *Cor*, cavità orbitale (in nero); B, bulbo; *Co* frammenti della congiuntiva tagliata; L, canali lagrimali (super. ed infer.); S, *l*, sacco e canale lacrimale; *c*, *n*, cavità nasale.

Le *palpebre* e le *ciglia* servono a proteggere il bulbo nella parte anteriore naturalmente più esposta, ma giovano anche a proteggere direttamente la funzione della vista, limitando a tempo opportuno la luce eccessiva. Le *ghiandole lagrimali* sono a guisa di piccoli grappoli (poco più di un centimetro), collocate presso l'angolo superiore esterno dell'orbita (v. fig. 134), e secernono un liquido acquoso, detto *umor lagrimale*, che scorrendo sotto le palpebre le mantiene umide, mentre facilita l'eliminazione di corpuscoli giunti eventualmente sulla superficie del bulbo. Le lagrime vengono a raccogliersi normalmente presso l'angolo interno delle palpebre, dove, per particolari forellini, passano in un apposito *canale lagrimale*, che le porta nella cavità del naso. È notevole il fatto che spesso per particolari stimoli fisici e soprattutto *morali*, le lagrime si producono in quantità eccessiva, e non potendo allora essere raccolte negli sbocchi ordinari si versano all'esterno irregolarmente costituendo il *pianto*.

La *congiuntiva* è una sottile membrana trasparente, che ri-

veste la superficie anteriore del bulbo e quella posteriore delle palpebre (ripiegandosi appunto nelle parti estreme del bulbo, in alto ed in basso), e che per mezzo del liquido mucoso prodotto da sue microscopiche ghiandole, concorre coll'úmor lagrimale alla lubrificazione delle dette superficie di contatto.

I muscoli speciali si chiamano con nome comune *muscoli oculomotori*; sono in numero di *sei* e con le loro disciplinate contrazioni possono spostare l'asse del bulbo in varie direzioni secondo il bisogno. Naturalmente anche le palpebre hanno i loro muscoli particolari.

Il *bulbo* dell'occhio (detto anche *globo oculare*) è collocato, a sua maggior protezione, nella *cavità orbitale* del teschio, dove si attaccano i muscoli oculomotori e dove un apposito foro dà passaggio al *nervo ottico* (del secondo paio craniale). Le pareti del bulbo sono costituite da varie distinte membrane, e la cavità interna è occupata da liquidí speciali e da una caratteristica lente (vedi Tav. III).

La membrana più esterna è nella massima parte della sua estensione, bianca, opaca, relativamente spessa, di robusto connettivo, e si chiama *sclerotica*, ma nella sua parte anteriore è al tutto trasparente e incolora, e prende il nome speciale di *cornea*; in questa il raggio di curvatura è un po' minore e perciò la curva è più sensibile.

Sotto la sclerotica vi è una seconda membrana, che si chiama *coroide*, e che è invece nerastra e tutta percorsa da vasi sanguigni. In corrispondenza della zona dove la sclerotica è sostituita dalla cornea, la coroide cambia pure di aspetto ed è sostituita dall'*iride*. Questo non è più curvo ma piano, ha forma discoidale perfetta, colore vario (grigio azzurrognòlo, o verdastro, o bruno più o meno cupo), riconoscibile all'esterno per la trasparenza della cornea; ed ha nel suo centro un foro circolare che si chiama *pupilla*.

Sull'orlo di confine tra la coroide e l'iride si trova un cerchio speciale di fibre muscolari liscie, che costituisce il cosidetto *muscolo ciliare* e che ha funzione importante come vedremo.

Ancora al disotto della coroide vi è una terza membrana complicatissima che è la parte più essenziale di tutto l'occhio e che si chiama *rètina*. Questa è costituita da un'espansione del *nervo ottico* profondamente differenziato nei suoi elementi ana-

tomici, e non forma attorno al bulbo un involucro completo, ma si arresta in corrispondenza del muscolo ciliare, senza più ripiegare sulla superficie posteriore dell'iride.

Il nervo ottico entra nel bulbo dalla parte posteriore, attraversando naturalmente la sclerotica e la coroide; ma il punto per cui entra non è situato sull'asse ottico proprio di contro alla pupilla, bensì un po' spostato, ed appare sulla superficie interna della retina a guisa di una macchietta bianca detta *punto cieco* per la sua eccezionale insensibilità alla luce, in confronto a tutto il resto della retina. Dal punto cieco le fibre del nervo ottico si irradiano in tutte le direzioni e, collegandosi con cellule nervose speciali e con altri elementi, forma appunto la retina. Osservata al microscopio questa si mostra costituita da una serie di strati a struttura distinta, indicati anche con nomi speciali.

Sotto la retina, ancora più verso l'interno del bulbo, vi è finalmente una sottile membrana trasparentissima ed omogenea, che si chiama *ialoidea*, circondante una massa liquida pure trasparente, detta *umor vitreo*, che tiene rigonfio il bulbo e distesi tutti i suoi involucri.

Siccome la cornea è curva e l'iride, più interno, è piano, resta tra queste due membrane uno spazio che si chiama *camera anteriore del bulbo*.

Dietro l'iride ma prima della ialoidea è collocato il *cristallino*, una vera lente biconvessa (di circa un centimetro di diametro), trasparentissima, fatta di un connettivo speciale a regolare struttura fibrosa, elastica; questa lente è notevolmente assottigliata sull'orlo, il quale aderisce al muscolo ciliare.

Essendo poi l'iride piano come già fu detto, e la superficie del cristallino ricurva, rimane anche un piccolo spazio fra l'uno e l'altro, e questo si chiama *camera posteriore*, e comunica con l'anteriore mediante la pupilla. Così nell'una come nell'altra camera trovasi un liquido acquoso, trasparente e incoloro che si chiama *umor acqueo*.

Descritto l'occhio si può esaminare la relativa funzione, ma occorre qualche premessa teorica relativa alla *luce*.

La luce s'interpetra generalmente come un *movimento vibratorio dell'etere cosmico*, il quale non è costituito come la materia ordinaria, ma è capace come questa di vibrare per ondulazioni. Sic-

come riesce difficile seguire il complicato movimento delle onde si usa ricorrere all'artificio di considerare il movimento ridotto a semplici linee rette, cioè a *raggi*; e quando si parla di raggi bisogna intendere dunque una serie rettilinea di punti vibranti, considerata, per astrazione mentale, isolata da tutti gli altri punti. Quando i raggi luminosi passano da un mezzo qualunque ad un altro di diversa densità deviano dalla primitiva direzione, ossia *si rifrangono*; e nel caso delle lenti biconvesse (come il cristallino) la rifrazione è per *convergenza*, ossia per avvicinamento dei diversi raggi; il punto comune di convergenza dei raggi si chiama *fuoco* della lente; le immagini di tutti gli oggetti (che non siano però vicinissimi alla lente) riescono, al di là della lente, impicciolite e rovesciate, e perfettamente nitide soltanto quando vengano raccolte alla distanza in cui si trova il fuoco (v. fig. 135). La luce si propaga con la velocità fulminea di 300.000 chilometri al secondo, e le sue vibrazioni sono di 500 trilioni al secondo (in media approssimativa.

Fig. 135. - Schema della rifrazione nel cristallino.

I raggi luminosi che provengono dai varii corpi illuminati, giungendo sulla superficie del bulbo devono attraversare successivamente la congiuntiva, la cornea e l'umor acqueo, poi passare per la pupilla e attraversare ancora il cristallino, la ialoidea, e l'umor vitreo, e poi la ialoidea ancora, per raccogliersi finalmente sopra la retina. I mezzi precedenti alla retina, e soprattutto il cristallino, determinano ripetute rifrazioni nei raggi e sono quindi indicati col nome collettivo di *mezzi rifrangenti*. E' per queste rifrazioni che l'immagine di oggetti grandi, anche di estesi panorami, si riproduce sulla retina in piccolissimo spazio, proprio come succede in una macchina fotografica, dove si trova pure una lente convergente, che è l'obiettivo, ed una lamina impressionabile alla luce che è la negativa. Giova a limitare il passaggio dei raggi (escludendo quelli che andrebbero dispersi) la piccolezza della pupilla, che è anche suscettibile di alterazioni in virtù di fibre muscolari che sono nell'iride; e giova a dare sempre ai raggi la convergenza necessaria perchè le immagini si formino sulla retina nitidamente la compressibilità del cristallino, per costrizione del muscolo ciliare. Ciò che si ottiene in fotografia aumentando o diminuendo la distanza

tra l'obiettivo e la negativa (per rendere a fuoco le immagini degli oggetti più o meno lontani), si ha invece nell'occhio per la proprietà suddetta, che costituisce il *potere di accomodamento*; e questo si spiega osservando che se il cristallino compresso sugli orli si fa più gonfio, cioè più convesso, diventa più convergente ed avvicina il suo fuoco; e se invece è meno compresso, e quindi meno convesso, allontana il fuoco.

Sulla retina si formano le immagini degli oggetti impiccolite e rovesciate, come sulla negativa fotografica, e determinano sui complicati elementi nervosi delle variabili impressioni, che portate poi al cervello dal nervo ottico vi danno luogo alla percezione visiva con tutte le sue svariate e meravigliose caratteristiche. Le immagini che si formano contemporaneamente su ciascuna delle due retine recano al cervello un'impressione unificata, perchè le fibre dei due nervi ottici sono *incrociate* in modo da ricordare la disposizione delle briglie in una coppia di cavalli guidati (v. fig. 136): le fibre laterali di un nervo si vanno a congiungere con quelle dello stesso lato nell'altro nervo, ed è così che gli stessi punti dell'immagine ripetuta sulle due retine, vanno a riunire le loro impressioni al cervello.

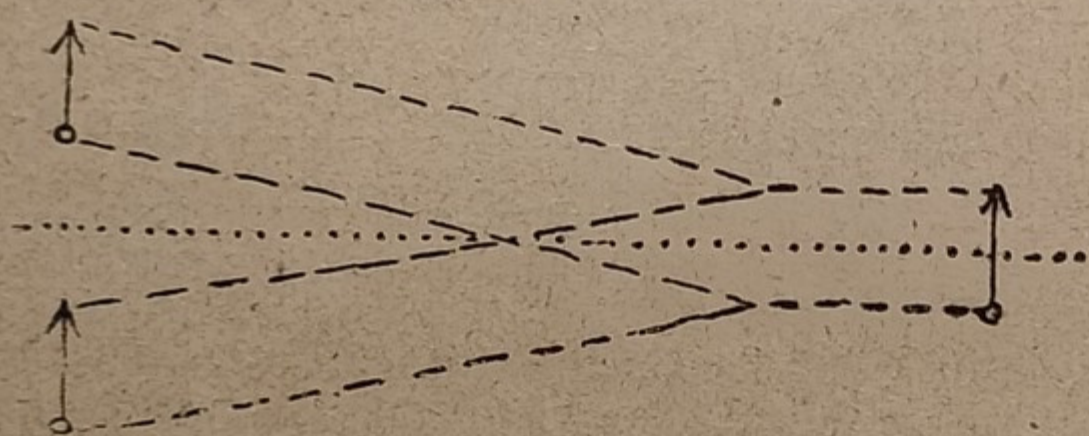



Fig. 136. - Schema della unificazione delle immagini per l'incrocio delle fibre dei nervi ottici.

Ricordando le leggi elementari della rifrazione si spiegano facilmente i comuni difetti della vista e le relative correzioni mediante gli occhiali. Nella *miopia* le immagini tendono ad essere a fuoco prima di giungere sulla retina (perchè il cristallino è troppo convergente, o più facilmente perchè il diametro del bulbo è troppo lungo in senso àntero-posteriore e quindi il cristallino riesce più distante dalla retina), ed è naturale che si corregga il difetto portando lenti divergenti, cioè biconcave; nella *presbiopia* le immagini riescono a fuoco al di là della retina (per ragioni inverse), e si corregge il difetto con enti convergenti, cioè biconvesse (1).

(1) A rigore la *vera presbiopia* dipende dal fatto che il cristallino perde

In tutti i *vertebrati* l'occhio è all'incirca come quello dell'uomo; tuttavia si possono notare alcune speciali varianti.

Nei *mammiferi felini* la pupilla è molto dilatabile, e quando è esposta a viva luce si fa *lineare*; negli *uccelli* e in alcuni *rettili* vi è una *terza palpebra*, che dall'angolo interno dell'orbita può estendersi sopra il bulbo fino a coprirne tutta la superficie anteriore; nei *serpenti* le palpebre sono riunite in un unico *velo trasparente* e fisso; in tutti i *pesci* si ha una cornea piatta e un cristallino quasi rotondo, e mentre nei gruppi su-

Fig. 137. - Pesce abissale con occhi telescopici (Argyropelecus hemigymnus) A, di fianco; B, di fronte.

periori (ossei) mancano le palpebre, in quelli inferiori (cartilaginei) ve ne sono anche tre. In molti animali che vivono in gallerie sotterranee (es. le *talpe*) o in caverne al buio (come il *Proteo* tra gli anfibii) l'occhio si fa *rudimentale* e scompare anche del tutto. Lo stesso può succedere per certi pesci ed altri *animali abissali* che vivono a profondità dove la luce solare non giunge più (fig. 138); ma talora accade, nei pesci di profondità medie sopratutto, un fatto contrario, cioè che gli occhi assumono grandezza e complicazione straordinarie, in modo da rendersi atti a percepire la debole luce che può giungere ancora dalla superficie, od essere prodotta da organi fosforescenti degli animali stessi (fig. 137).

---

con la vecchiaia (*presbis* = vecchio, *ops* = occhio) il potere di accomodamento, per cui non può più rendersi convergente quanto basta per la visione vicina. Se lo stesso difetto di non veder bene da vicino dipende dall'appiattimento del bulbo in senso antero-posteriore si ha più propriamente l'*ipermetropia*; ma volgarmente i due casi si confondono.

Fra gli *invertebrati* è nolevole l'*occhio composto* caratteristico degli *insetti*: risulta di un grandissimo numero di piccoli occhi riuniti in ammassi disposti come le bacchette di un ombrello (figura 139); ognuno ha cornea propria, per lo più esa-

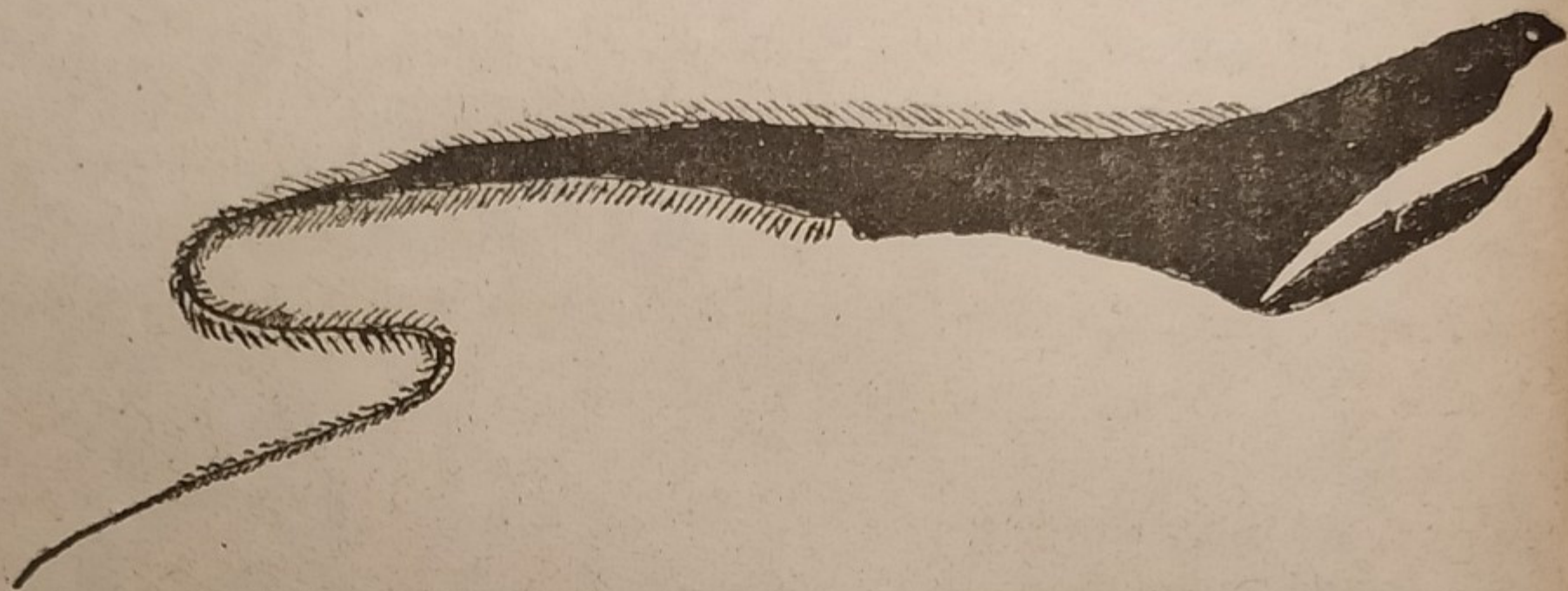



Fig. 138. - Pesce abissale con occhi rudimentali (Gastrostomus bairdii). — Le fig. 136-37 sono tratte da J. Murray.

gonale, cristallino conico, e una specie di retina, ma poi le fibre nervose provenienti da ogni singola retina si raccolgono

Fig. 139. - Occhio composto di un insetto (in sezione); *c*, cornea; *k*, coni cristallini; *p*, strato di pigmento; R, bastoncelli nervosi della retina; *Rf*, fibre della retina; *Fk*, incrocio delle fibre.

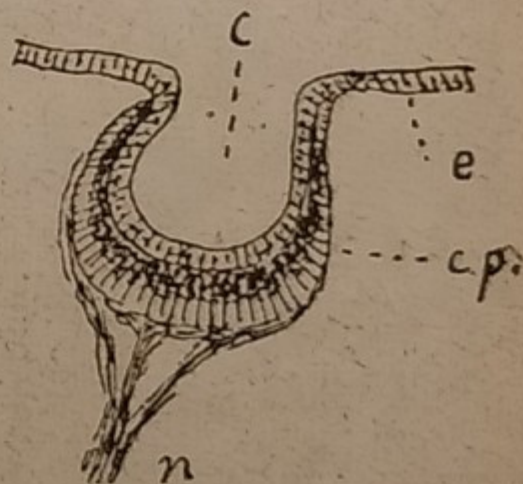



Fig. 140. - Occhio fotoscopico di un mollusco; *c*, concavità della pelle: *e*, epitelio; *cp*, cellule pigmentate; *n*, nervo che si dilata per formare una specie di retina primitiva.

in un nervo solo. In certi casi, come nei *ragni*, vi sono molti occhi variamente distanziati. Nei *molluschi*, si trovano occhi in diversissimi gradi di perfezionamento a seconda delle classi, degli ordini, dei diversi gruppi: dall'occhio dei *cefalopodi* (es. *Seppia*), che è paragonabile a quello dei vertebrati perchè ha una cornea, un cristallino, una retina, ed è perciò *ideoscopico*, ossia capace di vedere le immagini nitide degli oggetti, si passa

per gradi ad uno molto più semplice, che si riduce ad una piccola fossetta della pelle, con cellule epiteliari ricche di pigmento, e in comunicazione con filamenti nervosi: è un occhio puramente *fotoscopico*, (fig. 140), ossia capace soltanto di distinguere la luce dalle tenebre. In molti *vermi* non si trovano che occhi fotoscopici, e spesso non se ne trovano affatto (per es. nelle *tenie*).

Organi di coordinazione e di percezione.

(SISTEMA NERVOSO).

Come già fu detto, le più alte manifestazioni della vita si effettuano per mezzo del *sistema nervoso*; sia che questo debba servire alla *regolazione* e alla *coordinazione* automatica di tutte le funzioni dell'organismo, facendo che tutti gli organi lavorino secondo il bisogno, anche senza intervento della *coscienza*; sia che possa costituire un mezzo indispensabile alla *percezione* delle sensazioni, e al *concepimento* degli atti da svolgere in rapporto col mondo esterno; sia finalmente che aduni in sè (come nell'uomo) tutte le attitudini necessarie all'esplicazione delle infinite *energie psichiche* (cioè dell'*anima*), che hanno raggiunto in noi un grado di sviluppo incommensurabile.

I nervi.

Come, parlando dei muscoli, abbiamo detto che essi non agirebbero senza lo stimolo ricevuto dai nervi, così, parlando degli organi di senso, abbiamo pure osservato che essi sarebbero assolutamente inetti al loro ufficio, senza il concorso dei nervi che trasmettono le impressioni ricevute dal mondo esterno ai centri nervosi. Sebbene tutti i nervi siano organi di *conduzione*, ve ne sono dunque di due specie: quelli che conducono stimoli di contrazione dai centri nervosi ai muscoli, e quelli che conducono impressioni di senso ai centri nervosi; i primi si dicono *motori* e i secondi *sensoriali*.

Tanto gli uni come gli altri sono fatti di fibre tutte simili, che già conosciamo, i cui cilindrassi si continuano senza interruzione con i corrispondenti prolungamenti delle cellule nervose; e in tali fibre passa, in sostanza, una speciale corrente, la cui na-

tura ci è completamente sconosciuta, e che si suole indicare appunto col nome specifico di *corrente nervosa*.

Siccome le fibre nervose possono essere stimolate anche artificialmente, soprattutto con apparecchi elettrici, così si sono potute fare numerose esperienze sugli animali e anche sull'uomo. Stimolando delle fibre motrici si ottiene la contrazione delle fibre muscolari corrispondenti, e se si tratta di fibre dirette ad una ghiandola si ottiene la secrezione della ghiandola stessa ; se invece si stimola un nervo di senso si ha una rapida sensazione generica del senso rispettivo (per esempio lo stimolo del nervo ottico dá una sensazione luminosa). La velocità della corrente nervosa varia non solo secondo gli animali ma anche secondo i diversi organi : nelle fibre motrici dell'uomo è in media di una quarantina di metri al secondo, velocità debolissima in confronto a quelle prodigiose della luce, dell'elettricità, del calore, ma enorme tuttavia in relazione ai brevissimi spazii che ha da percorrere la corrente nervosa ; possiamo avere un'idea di questa velocità relativa pensando alla rapidità della nostra parola, di cui ogni minimo suono rappresenta un ordine speciale partito dal cervello e fulmineamente eseguito.

I centri nervosi.

Mentre i nervi non sono fatti che di fibre, o almeno di semplici prolungamenti filiformi delle cellule nervose propriamente dette (per chi ammette l'unità dell'elemento nervoso o neurone), i centri nervosi contengono la massa delle cellule stesse, e invece di servire alla conduzione delle correnti nervose hanno il più alto ufficio di generare o di trasformare queste correnti, ossia di ordinare i movimenti degli organi e di sentire le impressioni del mondo esterno. Ma l'atto di formulare un ordine, di percepire una sensazione, di svolgere insomma un'idea, è qualche cosa di così straordinariamente complesso che non può essere ridotto ad un semplice meccanismo. Sul grave argomento, che è forse il più interessante di quanti si affaccino al nostro pensiero, non si sa assolutamente nulla di sicuro finora ; ma per la via dell'intuizione, troppo trascurata dalla scienza positiva (che dimentica essere appunto tra i fatti positivi anche questa comune intuizione), s'intravvede oltre il mondo della materia dominato dalla meccanica, un mondo dello spirito di cui l'istinto ed il sentimento ci danno innumerevoli rivelazioni che il rigido

raziocinio non può negare quando non ha il potere di controllare e di confutare vittoriosamente.

In un libro destinato alla scuola secondaria non è il caso d'indugiare su queste complesse e delicate questioni, ma il semplice accenno può essere utile per mettere un tantino *le cose a posto* dopo l'insistente abuso di principii materialistici e di metodi semplicisti fatto per tanti anni nelle nostre scuole, spesso per seguire comodamente delle orme già ben battute piuttostochè per effetto di maturati convincimenti.

Negli animali superiori si hanno due categorie di centri nervosi, che coi rispettivi nervi costituiscono quasi due distinti sistemi: quello *cerebro-spinale*, e quello *viscerale* (o del *gran simpatico*). Descriviamo particolarmente i due sistemi nell'uomo.

Il sistema *cerebro-spinale* è formato dall'*encefalo*, che è tutto contenuto nella scatola cranica, e dal *midollo spinale*, contenuto nel canale vertebrale (v. fig. 141).

Tanto l'encefalo che il midollo hanno delle particolari membrane connettivali di rivestimento che servono ad aumuntare la loro protezione e a vascolarizzarli (cioè a portarvi il sangue); con nome generico si chiamano *meningi*, ma se ne distinguono tre, una concentrica all'altra: quella più esterna e più robusta si chiama *dura madre*, quella intermedia, di natura sierosa (con liquido interposto, detto *cefalo-rachidiano*), si chiama *aracnoide*, e quella interna più sottile e ricca di vasi è detta *pia madre*.

Tolte le membrane, appare distinta la sostanza nervosa, che esternamente è in complesso bianchiccia, ma che ha struttura ed aspetto diversi secondo le regioni del sistema.

La massa dell'encefalo si può suddividere in varie parti seguendo criterii diversi. Comunemente si dà anche il nome di *cervello* a tutto l'insieme, ma scientificamente s'intende per *cervello* solo una parte anteriore-superiore (che è però la predominante), mentre si specifica col nome di *cervelletto* una parte più piccola, posteriore-inferiore, ad aspetto notevolmente diverso, e poi col nome di *bulbo* o *midollo allungato* una terza parte, conica, più piccola ancora e più al disotto, la quale si continua finalmente con il *midollo spinale* per mezzo del foro occipitale. Vedremo in seguito come sia più razionale un'altra divisione dell'encefalo basata su criterii di comparazione con i varii ordini di animali e con le fasi di sviluppo embriologico dell'uomo stesso.

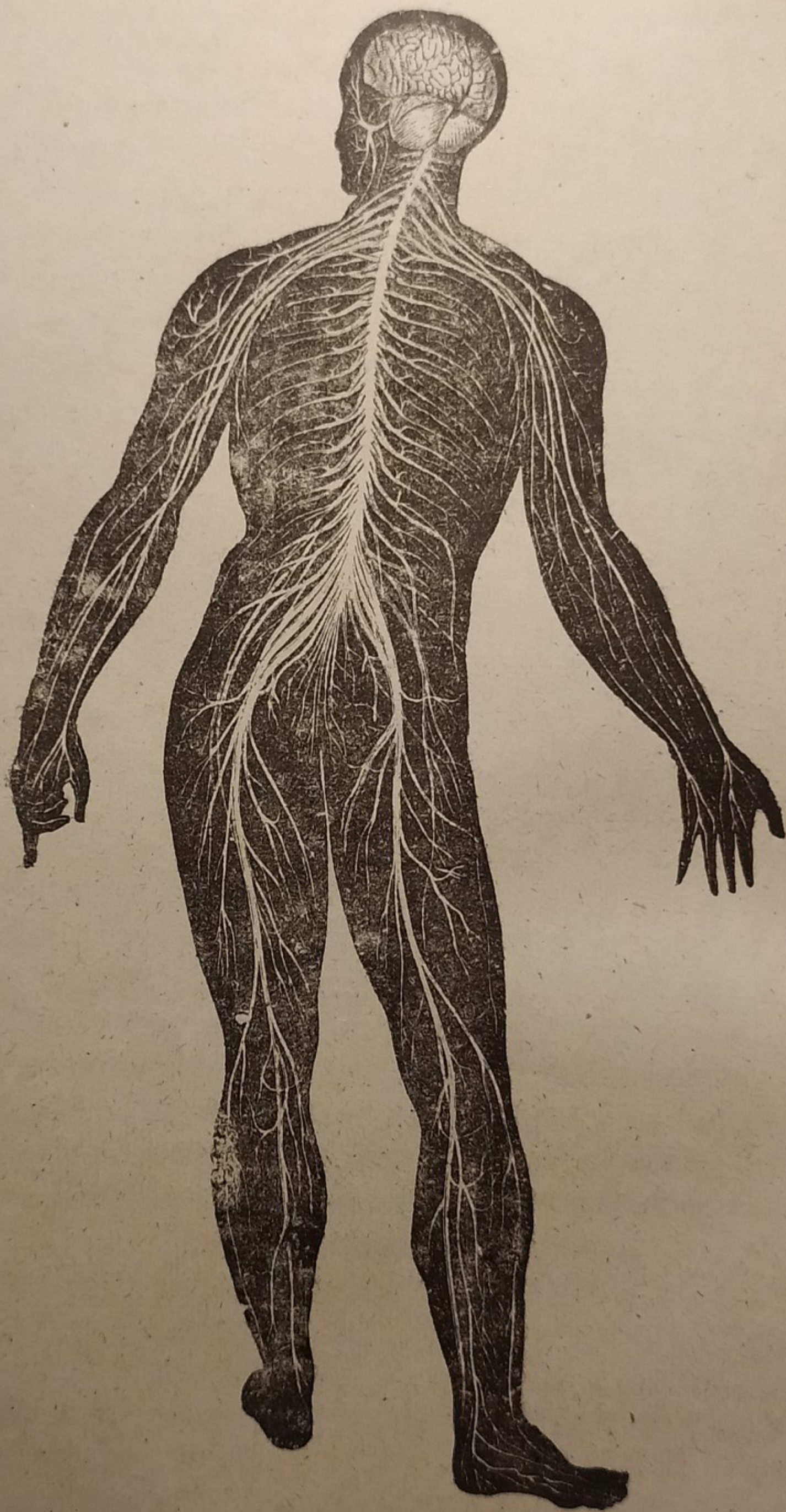



Fig. 141. - Sviluppo complessivo del sistema nervoso centrale.

Tutta la superficie del cervello appare percorsa da numesosi *solchi* molto flessuosi, i quali limitano corrispondenti zone che si chiamano circonvoluzioni cerebrali, e che sono tanto più numerose quanto più elevato è l'organismo nella scala animale.

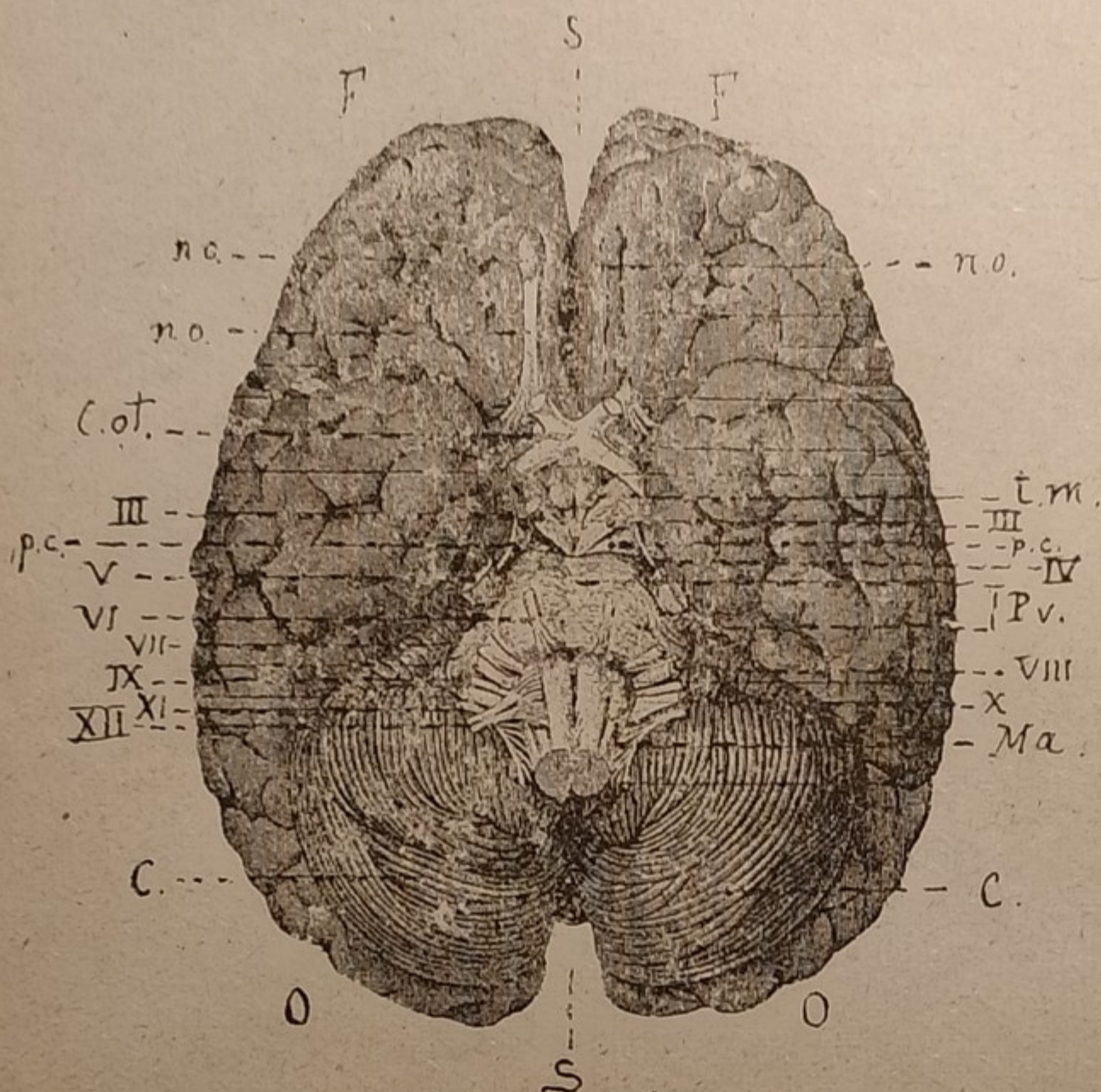



Fig. 142. - Encefalo visto dal disotto. (I numeri romani indicano le 12 paia di nervi craniali, che per semplificare sono spesso indicati da un lato solo); F, lobi frontali; *o*, lobi occipitali; S, scissura interemisferica; C, cervelletto; *no*, nervi olfattivi; (1 paio); C, *ot*, chiasma dei nervi ottici (2. paio); *t. m*, tubercoli mammillari; *p. c.* peduncoli cerebrali, uscenti come larghe fascie di sotto il ponte di Varolio *Pv*, (quello di sinistra è quasi tutto coperto nella figura); *Ma*, midollo allungato.

Alcuni solchi più profondi degli altri (e detti più propriamente *scissure*) dividono la superficie del cervello in *lobi* (che dalla loro posizione si chiamano: frontali, temporali, parietali, occipitali, e che si ripetono simmetricamente a destra e a sinistra); mentre tutta la massa complessiva si divide in due grandi *emisferi cerebrali* (*destro e sinistro*), mediante una profondissima *scissura interemisferica*, la quale si continua anche nel cervelletto determinando i due *emisferi cerebellari*. La superficie del cervelletto è pure tutta solcata, ma i solchi sono molto più fitti e non flessuosi; il midollo allungato è invece a superficie liscia.

Capovolgendo il cervello per osservarlo alla superficie infe-

riore, si notano subito maggiori complicazioni (fig. 142) : anzitutto si vede una grossa fascia che a guisa di ponte congiunge trasversalmente i due emisferi del cervelletto : è il considetto *ponte di Varolio*, da cui si staccano anteriormente, divergendo verso i lati, due fascie minori, dette *peduncoli cerebrali*. Questi comprendono fra loro un breve spazio su cui emergono due corpiccioli superiormente tondeggianti, indicati col nome di *tubercoli mammillari*.

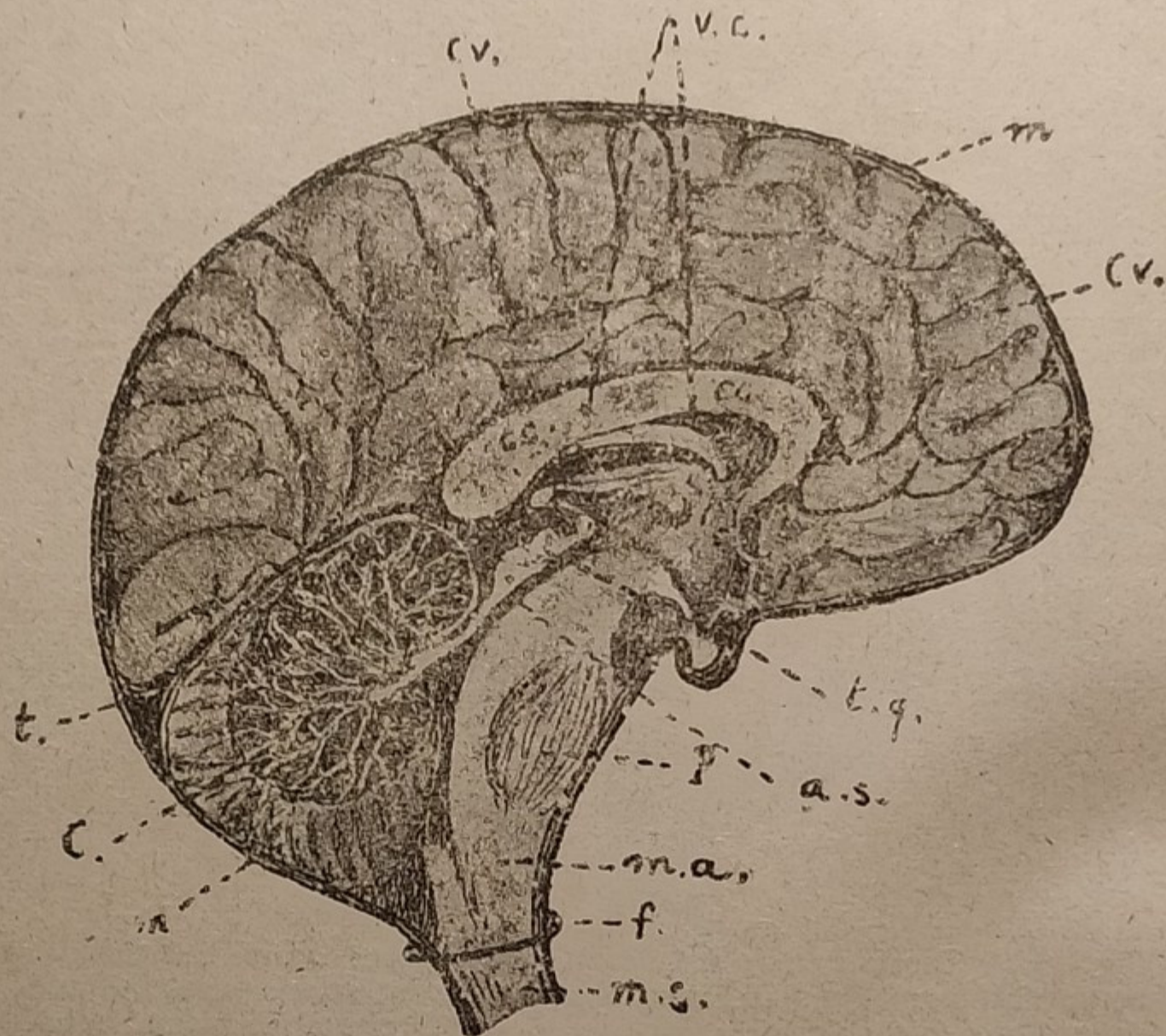



Fig. 143. - Encefalo in sezione; *m*. meningi; *t*, lamina della dura madre che penetra fra il cervello ed il cervelletto; *c*, cervelletto in sezione con albero della vita; *m. s*, midollo spinale; *f*, traccia del foro occipitale; *m*, *a*, midollo allungato; *p*, Ponte di Varolio; *a. s*, acquedotto di Silvio d'intercomunicazione tra i ventricoli cerebrali (cavità in nero *v. c*,); *t. q*, corpi quadrigemini ; *cc*, corpo calloso.

Più all'innanzi si vedono chiaramente le radici incrociate dei due *nervi ottici*, e più oltre ancora le radici dei due *nervi olfattivi*, diretti parallelamente in avanti. Altre radici di nervi craniali si notano poi subito prima e subito dopo del ponte di Varolio e specialmente all'inizio del midollo allungato, che sembra uscire per l'appunto di sotto al ponte di Varolio per dirigersi verso il foro occipitale.

Si possono vedere nella citata figura i punti di origine delle dodici paia di nervi craniali, che si seguono dall'avanti all'indietro nell'ordine seguente: 1. *nervi olfattivi*, 2. *nervi ottici*, 3. *n. oculo-mo* -

tori, 4. *n. patetici* (o trocleari), 5. *n. trigemini,* 6. *n. abducenti* (od oculo-motori esterni), 7. *n. facciali,* 8. *n. acustici,* 9. *n. glosso-faringei,* 10. *n. vaghi* (o pneumogastrici), 11. *n. accessorii,* 12. *n. ipoglossi.*

Di questi nervi alcuni sono esclusivamente sensoriali (come risulta dai rispettivi nomi), altri motori, ed altri misti (per es. i trigemini ed i vaghi). Particolarmente importanti sono i nervi *vaghi* che hanno un campo d'azione estesissimo, innervando muscoli e ghiandole del tubo digerente, vasi del polmone e del rene, e una parte delle pareti del cuore.

A completare lo studio del cervello è molto istruttiva la sezione longitudinale praticata in continuazione della scissura interemisferica (v. fig. 143); si possono osservare così molti altri particolari che non appaiono alla superficie, ma non accenneremo qui che ai principali. Si noti anzitutto, alla base della scissura interemisferica, uno strato piuttosto spesso e compatto che tiene saldamente uniti i due emisferi: è il *corpo calloso,* che bisogna infatti tagliare per primo quando si vuol separare un emisfero dall'altro. Sotto il corpo calloso, verso il cervelletto, vi sono quattro piccole protuberanze, dette *corpi quadrigemini* (non sono però quattro che nei mammiferi, ma due — *bigemini* — negli altri vertebrati); e vi sono anche delle piccole cavità intercomunicanti, dette genericamente *ventricoli cerebrali* (se ne distinguono quattro o cinque).

Fig. 144. - Encefalo umano embrionale (schema): *a*, cervello anteriore; *m*. cervello medio; *p*, cervello posteriore; *e*, telencefalo (emisferi); *t*, talamo-encefalo; *c*, cervelletto: *i*, mielencefalo (midollo allungato).

Invece di dividere l'encefalo nelle tre regioni che abbiamo descritto (cervello, cervelletto, e midollo allungato) molti anatomisti e zoologi, basandosi, come abbiamo detto, sull'anatomia comparata e sull'embriologia, fanno altre distinzioni più razionali. Osservando che nel suo primitivo sviluppo l'encefalo si presenta sotto forma di tre vescichette, disposte in serie longitudinale continua (fig. 144), e che in condizioni poco lontane da queste si mantiene anche allo stato adulto nei vertebrati inferiori (anfibii, e pesci soprattutto) hanno adottato la distinzione di cervello *anteriore, medio* e *posteriore* anche per gli animali più elevati; perchè così riesce più facile la comparazione in tutti i vertebrati in genere. E' quasi superfluo aggiungere che

queste tre regioni non corrispondono alle tre suddescritte, altrimenti non si tratterebbe che di una questione di semplice nomenclatura.

Il cervello anteriore è anche detto *prosencefalo*, e comprende i due emisferi cerebrali con tutte le loro dipendenze (vale a dire la massima parte dell'encefalo dei vertebrati superiori); il cervello medio è anche detto *mesencefalo*, e non comprende che i peduncoli cerebrali e i corpi quadrigemini (parti pochissimo sviluppate nei vertebrati superiori); il cervello posteriore o *metencefalo* comprende il cervelletto, il ponte di Varolio e il midollo allungato (quest'ultimo è anche suddistinto col nome di *mielencefalo*).

* * *

Il midollo allungato si continua insensibilmente con il *midollo spinale*. Questo è tutto contenuto nel lungo tubo formato dalla serie delle vertebre, iniziandosi in corrispondenza del foro occipitale; ed è costituito da un grosso cordone biancastro che per mezzo di due scissure profonde (longitudinali mediane) è quasi diviso in due cordoni minori riuniti nel mezzo; ognuno di questi due è poi suddiviso in tre o quattro sezioni per mezzo di solchi laterali meno profondi (fig. 145). Nel suo lungo percorso, manda lateralmente 31 paia di nervi, detti *spinali*, che escono per corrispondenti spazii tra una vertebra e l'altra e vanno a ramificarsi nella pelle, nei muscoli e anche nei visceri.

Fig. 145. - Sezione del midollo spinale; *a*, scissura mediana anteriore; *p*, sciss. med. poster., *ca*, corno anteriore della sostanza grigia; *cp*, corno poster.; *ra*, radice anteriore motrice di un nervo spinale; *rp*, radice posteriore sensoriale; 1, 2, 3, 4, zone di sostanza bianca.

Questi nervi partono dal midollo con una *doppia radice*, una dorsale e una ventrale; la prima di sole fibre *sensoriali*, la seconda di sole *motrici*; ma subito fuori dell'involucro meningeo e del canale vertebrale, quelle di ciascun lato si riuniscono per formare insieme i singoli nervi spinali che riescono *misti* (fig. 147).

Il midollo spinale si arresta in corrispondenza della regione

sacrale, dando luogo ad un fascio di piccoli nervi più o meno divergenti che costituiscono la cosidetta *coda equina* (fig. 141).

In quanto all'interna struttura bisogna notare che tanto l'encefalo quanto il midollo hanno due specie di elementi: le fibre e le cellule (sappiamo però che alcuni interpretano la fibra come una semplice appendice della cellula, in tal caso unico elemento detto *neurone*). L'insieme delle fibre, per il suo aspetto più

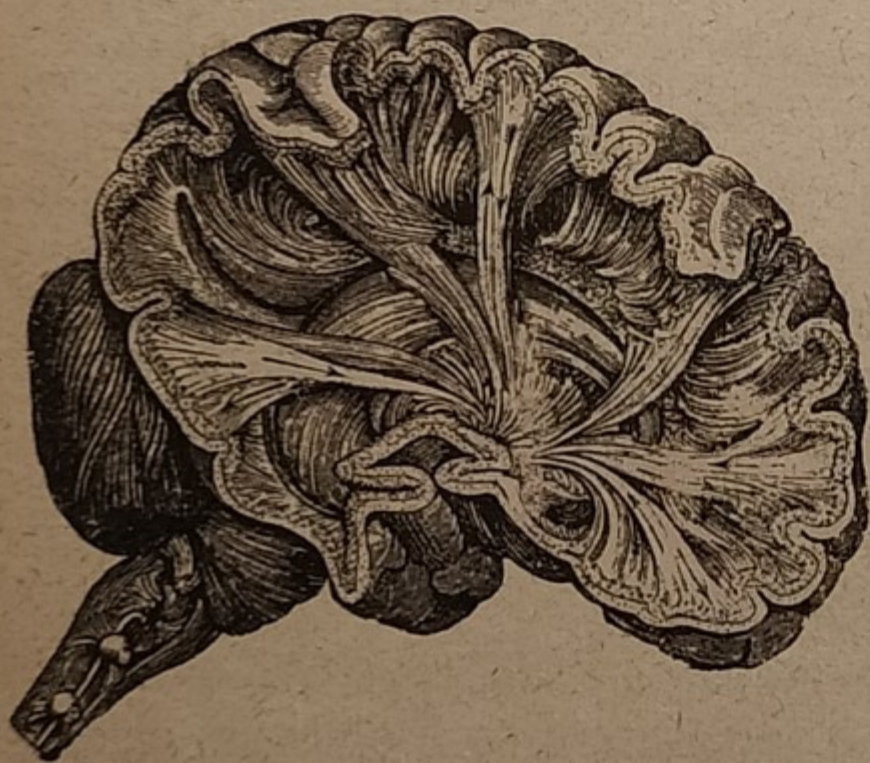



Fig. 146. - Schema della disposizione delle fibre (interne) rispetto alle cellule (corteccia) nel cervello umano.

Fig. 147. - Frammento di midollo spinale col suo involucro meningeo (visto di fianco); 1, radici anteriori dei nervi spinali; 2, radici posteriori).

chiaro, forma la *sostanza bianca*, mentre l'insieme delle cellule forma la *sostanza grigia*. La distribuzione reciproca di queste due sostanze è diversa nelle varie parti del sistema: nel midollo spinale, nel midollo allungato e nel ponte di Varolio vi è la sostanza bianca all'esterno; nel cervello e nel cervelletto è invece all'esterno la sostanza grigia (v. fig. 146). Ma questa, nel cervello forma uno strato superficiale continuo ed abbastanza omogeneo, mentre nel cervelletto vi è una distribuzione

molto singolare, perchè la sostanza bianca forma come una complicata arborescenza dentro la massa di quella grigia (*albero della vita*, v. fig. 143).

Nel midollo spinale è la sostanza grigia che ha una distribuzione molto caratteristica: in una sezione si vede che essa determina in mezzo alla bianca una specie di macchia, la cui forma ricorda la lettera «H», ma con le due aste maggiori alquanto divergenti, e dirette precisamente in corrispondenza dei solchi laterali di cui abbiamo parlato. È da queste branche di sostanza grigia che partono le radici bifide dei nervi spinali (v. fig. 145).

* * *

Il *sistema viscerale* o del *gran simpatico* è costituito da due cordoncini nervosi, longitudinali, che scorrono paralleli, ai lati della colonna vertebrale, ma alquanto più all'innanzi. Presentano tratto tratto dei piccoli ingrossamenti, detti *ganglii nervosi*, da cui irraggiano nervi minori tutto all'ingiro (v. fig. 148). Alcuni di questi nervi si congiungono intrecciandosi verso l'asse centrale del corpo, e formando ivi tanti piccoli ganglii avvicinati, che nell'insieme si chiamano *plessi*. I ganglii ed i plessi sono i centri nervosi del gran simpatico e sono infatti costituiti di cellule speciali dette *gangliari*. I nervi di questo sistema si portano specialmente ai varii visceri del corpo e ne permettono l'attività anche quando il sistema cerebro-spinale è in riposo, come per esempio nel sonno. Per altro i due sistemi sono in comunicazione per mezzo di nervi che dai ganglii vanno direttamente al midollo spinale.

Fig. 148. - Sistema del gran simpatico (schema); *c. g*, catena gangliare; *g*, ganglii; P, plesso solare; *Pc*, plesso cardiaco.

Sulle funzioni del sistema nervoso in genere e del cervello in ispecie non v'è altro che meriti di essere qui rilevato, dopo ciò che fu detto in principio di questo capitolo. Le cognizioni sicure in proposito sono pochissime e male si prestano ad una trattazione elementare. Diremo soltanto che alcune delle funzioni motrici, e delle

sensoriali, e perfino delle intellettuali, sono state realmente riconosciute nelle loro speciali localizzazioni. Le *zone motrici* degli arti superiori ed inferiori sono poco distanti le une dalle altre, in una circonvoluzione dei lobi parietali del cervello, verso la parte anteriore; le *zone sensitive* specifiche per i varii sensi sono pure riconosciute; e le zone caratteristiche *del linguaggio* (memoria dei *suoni* dei vocaboli, dei *segni grafici* corrispondenti, del meccanismo della loro pronunzia) sono tutte accertate sperimentalmente. Ma siamo ben lungi dal poter tracciare con serietà una di quelle famose carte topografiche delle funzioni cerebrali, che alcuni fisiologi del secolo passato si erano avventurati a costruire senza adeguato fondamento sperimentale.

È noto che nella cultura antica si attribuiva generalmente al cervello scarsa importanza, mentre si riteneva che le funzioni psichiche avessero nel sangue e nel cuore il loro mezzo meccanico di esplicazione. L'errore durò a lungo, e se ne hanno delle tracce anche oggi nel linguaggio comune, quando si fa distinzione tra *mente* e *cuore*, attribuendo in certo modo a quest'ultimo le facoltà *affettive*. Ma già in tempi antichissimi (varii secoli prima di Cristo) era sorta qualche voce isolata che, in contrasto con le idee dominanti, attribuiva al cervello le funzioni psichiche (si possono ricordare *Alcmeone di Crotone*, del VI secolo a. C. ed *Erofilo alessandrino* del III secolo). Una sicura affermazione scientifica delle funzioni psichiche del cervello e della loro localizzazione speciale negli strati periferici (ossia nella *corteccia*) non si poteva avere che per via sperimentale, e questa non si poteva tentare che coi mezzi meccanici meravigliosi della indagine moderna. Nel principio del secolo scorso si giunse, per opera del fisiologo *Gall* e di alcuni suoi seguaci, all'esagerazione di quelle specificazioni topografiche di cui sopra fu detto; in seguito (per opera dei francesi *Longet* e *Flourens*) si ebbe la reazione, pure esagerata, di attribuire indistintamente a tutta la corteccia le molteplici manifestazioni dell'anima; più recentemente (verso la fine del secolo passato) si cominciò ad accertare sperimentalmente qualcuna delle localizzazioni, di cui pure abbiamo parlato. Le indagini proseguono ingegnose ed attive, ma le enormi difficoltà della sperimentazione diretta non hanno permesso finora che risultati molto modesti.

In quanto al lato puramente meccanico della funzione dei nervi molti fatti sono ormai accertati. Potremo dire, per esempio, che si distinguono chiaramente dei movimenti *automatici*

e dei movimenti *riflessi*. Sono automatici quelli che si compiono per *volontà* dell'individuo, e che si propagano per nervi motori dal cervello ai muscoli; sono riflessi quelli che si effettuano senza l'intervento della volontà, e che si propagano prima per un nervo sensitivo ad un centro nervoso, riflettendosi poi da questo per un nervo motore, verso un muscolo od una ghiandola: per esempio il contatto dei cibi con la bocca provoca una secrezione di saliva; e la vista di qualche spettacolo ributtante può provocare il vomito.

Fig. 149. - Encefalo di mammifero inferiore (canguro); *P*, prosencefalo (notare le scarse circonvoluzioni); *Mt* metencefalo; *ma*, mielencefalo (il mesencefalo, piccolissimo come in tutti i mammiferi, non si vede alla superficie).

* * *

Confrontando sommariamente il sistema nervoso dell'uomo con quello di altri *mammiferi* (es. fig. 149), diremo che la principale differenza visibile consiste in un maggiore sviluppo relativo della massa cerebrale dell'uomo e in una più completa serie di circonvolu-

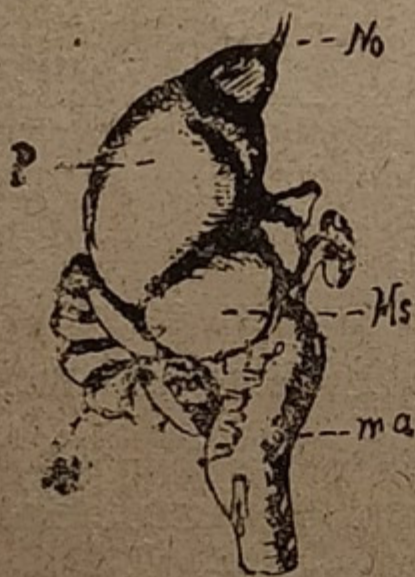



Fig. 150. - Encefalo di uccello (piccione); lettere come in figura precedente; ma si noti il mesencefalo bene sviluppato (*Ms*), *No*, nervi olfattivi.

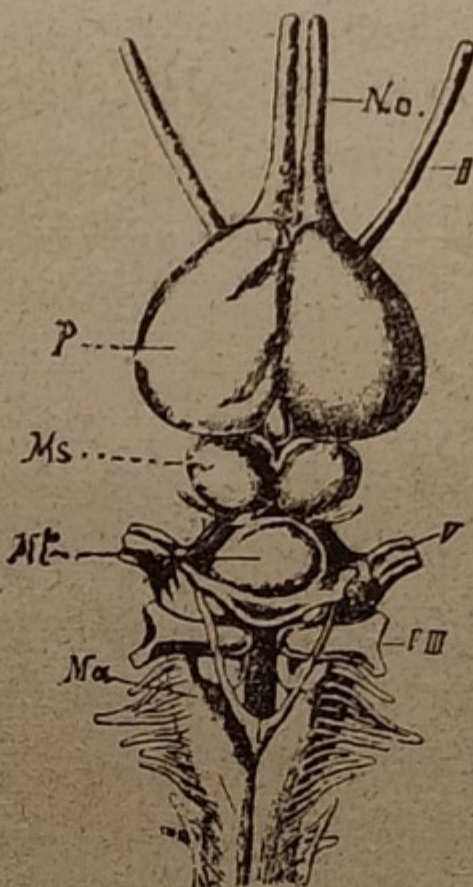



Fig. 151. - Encefalo di rettile (Alligator); lettere come in figure precedenti; ma si noti minore sviluppo del cervelletto (*Mt*).

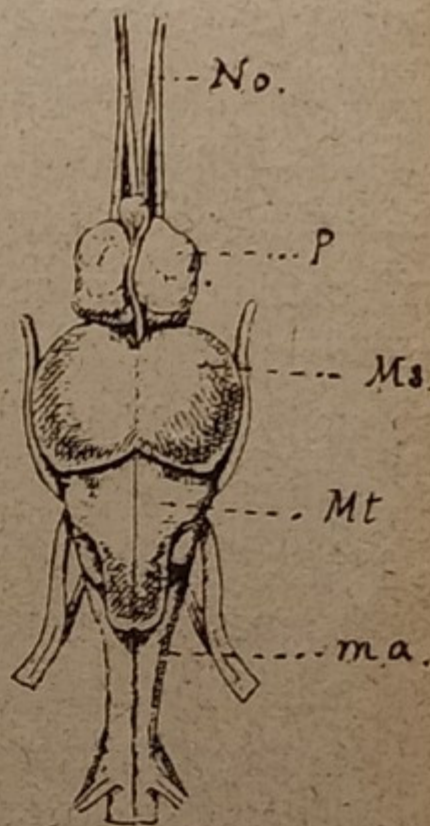



Fig. 152. - Encefalo di pesce (Merlangus): si noti minore sviluppo del prosencefolo, e somiglianza coll'encefalo embrionale dell'uomo (v. fig. 144).

zioni; ma l'enorme distanza nello sviluppo intellettuale deve collegarsi certamente con differenze anatomiche anche più importanti sebbene poco appariscenti.

Discendendo gradatamente ai *vertebrati inferiori* si trova che le circonvoluzioni tendono a scomparire, mentre tutta la massa encefalica diminuisce pure (specialmente in confronto col volume del corpo), e gli emisferi cerebrali e cerebellari si riducono notevolmente a vantaggio delle altre parti e sopratutto del mesen-

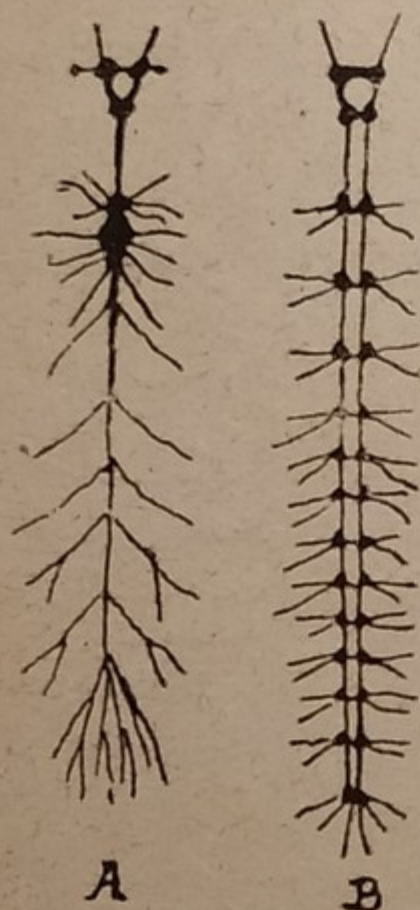



Fig. 153. - Schema del sistema nervoso degli Insetti · A, in un dittero (molti ganglii fusi in uno grande toracico, e cordone ventrale unico); B, in un coleottero (molti gangli appaiati e congiunti da due cordoni vicini).

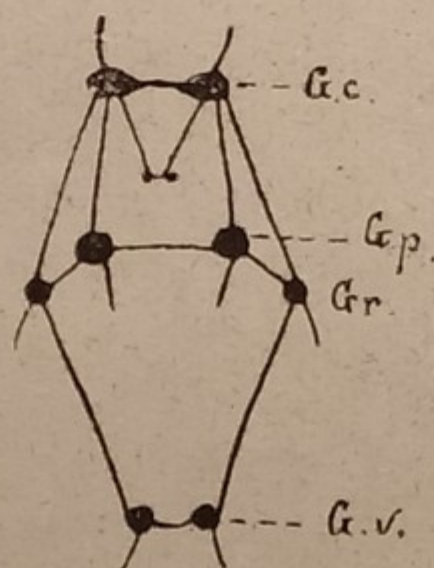



Fig. 154. · Schema del sistema nervoso dei Molluschi (gasteropodi); *Gc*, ganglii cerebrali; *Gp* ganglii pediali; *Gr*, ganglii pleurali (minori); *Gv*, ganglii viscerali.

cefalo, che è invece pochissimo sviluppato nei vertebrati superiori (vedi fig. 150-151-152); finchè nei *pesci* le tre regioni originarie del cervello hanno tra loro sviluppo poco diverso, ricordando le condizioni embrionali dei mammiferi (v. fig. 144 e 152).

Negli *invertebrati* il fatto più notevole è la disposizione invertita del sistema nervoso rispetto all'apparecchio circolatorio, poichè il tronco principale del sistema nervoso non è più dorsale come nei vertebrati, bensì *ventrale*, proprio al contrario di ciò che accade per il cuore e per i tronchi maggiori dell'apparecchio circolatorio (vedi fig. 64). Altro fatto caratteristico di tutti gli animali inferiori è la mancanza di un centro nervoso così predominante e differenziato da meritare il nome di cervello vero e proprio; si potrebbe forse fare eccezione solo per i *cefalopodi* che sono i più elevati di tutti i molluschi (es. la seppia).

In genere il sistema nervoso degli invertebrati risulta di una serie di ganglii riuniti a catena per mezzo di nervi.

Negli *artropodi* (v. fig. 153) si ha una doppia serie di gangli vicino alla parete ventrale del corpo, congiunti fra loro anche trasversalmente; nella parte anteriore, da un ganglio *sotto-esofageo* si stacca un anello nervoso che circonda l'esofago e che si chiama perciò *peri-esofageo;* nella parte superiore dell'anello un altro ganglio, *sopra-esofageo*, completa il sistema (va notato che generalmente i ganglii sono doppi).

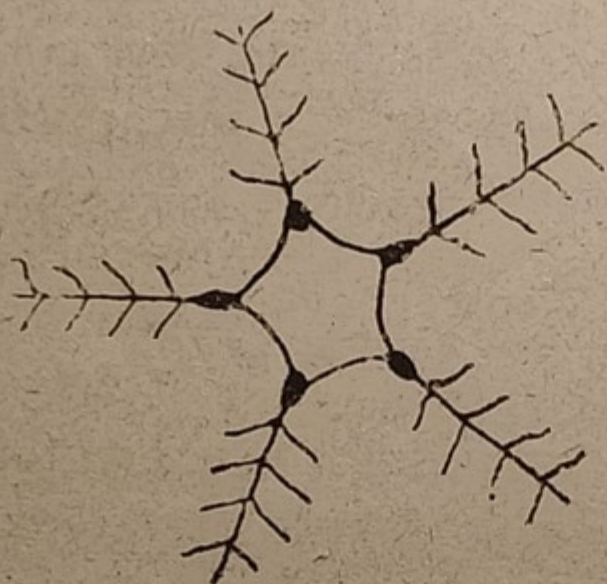



Fig. 155. - Sistema nervoso raggiato di un Echinoderma (Stella di mare).

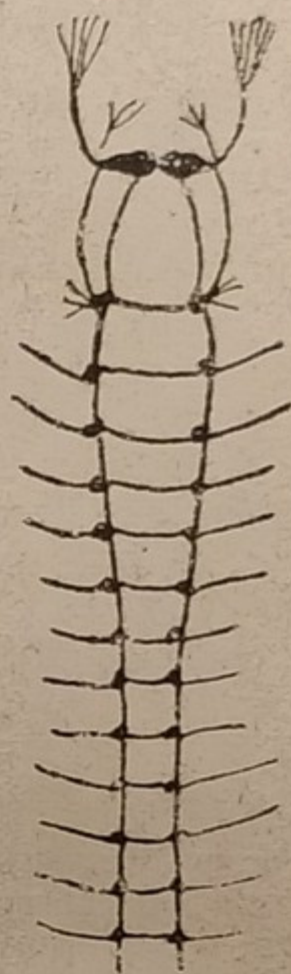



Fig. 156. - Sistema nervoso di un anellide.

Condizioni poco diverse si trovano negli *anellidi* (fig. 156).

Nei *molluschi* invece non v'è una simile serie di ganglii a catena, ma si trovano tipicamente *tre paia* di ganglii primarii connessi tra loro e diramanti nervi per determinate parti del corpo; i ganglii *sopra-esafogei*, quelli *pediali* (che vanno a innervare il cosidetto *piede*), e quelli *viscerali;* a questi si può aggiungere un paio di secondarii detti *pleurali* (fig. 154). Vi sono poi *due anelli* di congiunzione: uno fra i *sopra-esofagei* e i *pediali*, un altro fra gli stessi *sopra-csofagei* e i *viscerali*.

Negli *echinodermi* (es. stelle dl mare) vi è tipicamente un anello ventrale con *cinque ganglii*, da cui partono cinque nervi radiali, secondo la simmetria del corpo (fig. 155).

Nelle *meduse* vi è un anello sdoppiato che scorre sull'orlo dell'ombrello (forma caratteristica del loro corpo).

Nei gruppi animali infimi, come le *spugne* ed i *protozoi*, non v'è un sistema nervoso.

Gli animali e l'ambiente.

Avuta un'idea abbastanza chiara e corretta dell'organizzazione animale e del relativo funzionamento, si dovrebbe completare lo studio della zoologia estendendo l'esame a tutti gli altri argomenti di cui fu fatto cenno nelle nozioni preliminari. Ma la natura dei nostri programmi non ci consente un omogeneo svolgimento di tutta quanta la disciplina, per cui occorrerebbe troppo più tempo di quello che ci è messo a disposizione, e ci consiglia, conseguentemente, a fare sui diversi argomenti delle distinzioni e delle scelte opportune, insistendo su quelli che hanno importanza fondamentale e per cui riesce indispensabile agli alunni la guida dell'insegnante, da quelli che sono *relativamente* di valore secondario nella coltura generale o che possono anche essere appresi direttamente sui libri con qualche efficacia, perchè più facili e più attraenti per loro particolare natura.

E così è che, avendo di necessità insistito moltissimo sull'*anatomia* e sulla *fisiologia comparative* degli animali, dobbiamo lasciare un posto molto modesto alla parte *sistematica,* di carattere eminentemente descrittivo, e sorvolare appena su alcuni vasti capitoli della zoologia che pur sono interessantissimi e di effettivo valore sotto l'aspetto più strettamente scientifico. Faremo poi, tuttavia, un esame meno affrettato sulle questioni relative all'origine e allo svolgimento del mondo animale, perchè ciò è indispensabile alla giusta interpretazione della parte sistematica, e perchè sono diffusi in proposito pregiudizii ed errori grossolani che è opportuno eliminare già dai primi passi dell'insegnamento scientifico.

È noto che gli animali non sono uniformemente distribuiti sulla superficie del globo, ma che in confronto a poche specie che sono cosmopolite o che stanno diventando tali, l'immensa maggioranza ha invece delle proprie aree di distribuzione più o meno ampie e nettamente delimitate. In base a diligenti ricerche e a minuziose statistiche sulla distribuzione delle singole specie, gli zoologi hanno potuto tracciare sulle carte geografiche delle **regioni faunistiche** particolari, specificandone le rispettive caratteristiche. Come è naturale, per l'imperfezione dei dati raccolti e per la diversa interpretazione di cui sono suscettibili, non vi è accordo completo sull'ordinamento di queste regioni, ma le linee generali sono fissate, come sono riconosciuti i principii che spiegano la diffusione speciale dei singoli

gruppi. Trascurando le divisioni minori si distiuguono in generale *otto grandi regioni terrestri* :

1. Regione *paleo-artica* (comprendente l'Europa, l'Africa mediterranea a quasi tutta l'Asia, meno le Indie, la Cina meridionale e il Giappone) ; 2. Regione *neo-artica* (comprendente l'America inglese, gli Stati Uniti e il Nord del Messico) ; 3. Regione *etiopica* (comprendente tutta l'Africa al sud del Sahara, nonchè l'Arabia meridionale e l'isola di Madagascar) ; 4. Regione *orientale* (con la Cina meridionale, il Giappone, le Indie, le Filippine e la Malesia) ; 5. Regione *neotropica* con la parte meridionale del Messico, l'America centrale e meridionale) ; 6. Regione *australiana* (con l'Australia, le grandi isole adiacenti e gli arcipelaghi del Pacifico) ; 7. Regione *polare artica* (con la Groenlandia, le isole e le varie terre artiche) ; 8. Regione *polare antartica* (con le isole e terre antartiche). Fra queste grandi regioni faunistiche alcuni hanno introdotto opportunamente delle *zone di transizione* (una delle quali comprende l'Italia e le terre bagnate dal Mediterraneo). Ognuna di queste regioni, pur avendo molte specie animali in comune con quelle limitrofe, ha però nel complesso una fauna speciale con un certo numero di specie esclusivamente proprie.

Per la *fauna marina* si fanno delle divisioni al tutto indipendenti. Si possono distinguere *quattro regioni* caratteristiche: 1. una Regione *litoranea* (o costiera) ; 2. una Regione *degli estuarii* (alla foce dei fiumi, dove esiste un grado di salsedine molto variabile) ; 3. una Regione *pelagica* (o di alto mare) ; 4. una Regione *degli arcipelaghi* (dove si trovano dei caratteri misti).

Queste regioni sono poi variamente suddivise secondo caratteri secondarii ; e qui accenneremo solo alla regione pelagica in cui si distingue una zona *superficiale* (a meno di 400 metri) e una *abissale*. Quest'ultima comprende una fauna molto singolare per l'adattamento a condizioni d'ambiente eccezionalissime (ossia a forti pressioni e a mancanza di luce normale). Già abbiamo nominato i pesci abissali (fig. 137, 138), che sono generalmente ad occhi rudimentali o addirittura soppressi nelle forme viventi alle maggiori profondità (ne furono trovati a *cinque o sei mila* metri), e che hanno invece degli occhi telescopici, atti a percezioni visive speciali, nelle forme viventi a pro-

fondità meno grandi ; ma potremo aggiungere che, indipendentemente dagli occhi, si trovano negli animali abissali delle particolarità notevoli di forma esteriore e di struttura interna che evidentemente li contraddistinguono: sono per esempio, frequenti gli organi fosforescenti, ed è tipica la fragilità dei tessuti.

Le acque dolci continentali (fiumi, laghi, paludi) hanno una loro tipica fauna detta genericamente *lìmnofauna* ; ed è interessante notare che molti animali acquatici possono facilmente adattarsi tanto all'acqua marina quanto all'acqua dolce, e che anzi alcuni effettuano regolarmente il *cambio di regime* in periodi diversi della loro vita: notissimo è il caso dell'anguilla, la cui forma giovanile, ritenuta per molto tempo come specie distinta (leptocefalo), vive nel mare e a notevole profondità (vedi parte sistematica). Fra i pesci comuni cambiano spontaneamente regime il muggine, il salmone, lo storione.

Nella fauna terrestre si possono fare distinzioni notevoli in base alla *distribuzione altimetrica*: molto caratteristica per esempio è la *fauna alpina* con un buon numero di specie tutte sue proprie.

Così pure hanno caratteri speciali evidentissimi le *faune cavernicole* (le cui forme sono spesso ad occhi rudimentali) e quelle *dei deserti*.

* * *

Molto più interessante che la distribuzione nello spazio è la distribuzione nel tempo, che, come già sappiamo, è oggetto speciale di un ramo di studio, considerato oramai come autonomo, per la sua grande importanza, e chiamato « *paleontologia* ». Nella parte sistematica descrittiva accenneremo spesso alle forme *fossili* (vissute in epoche remote) più notevoli dei diversi gruppi animali; e qui diremo frattanto che i risultati concordi delle ricerche paleontologiche animali e vegetali si possono esprimere con alcuni principii generici che hanno valore di vere leggi, ed importanza scientifica veramente grande.

È anzitutto a notare che gli organismi vissuti in passato sono tanto più differenti dagli attuali quanto più lontani dal presente sono i periodi geologici a cui appartengono, e che in generale le forme superiori dei singoli gruppi animali o vegetali appaiono in terreni più recenti che non le forme inferiori. Le singole specie

hanno avuto una durata più o meno lunga, ma una volta estinte non si è mai dato che siano riapparse ancora in periodi successivi. L'estinzione di una specie non è mai preceduta da un periodo di visibile decadenza, ma anzi si verifica quasi sempre in modo relativamente rapido e proprio allorquando sembra raggiunto il massimo perfezionamento nella sua organizzazione. Le forme acquatiche dei singoli gruppi appaiono generalmente molto tempo prima delle rispettive forme terrestri (p. es. i crostacei che sono artropodi branchiati, appaiono prima degli aracnidi, dei miriapodi e degli insetti, che sono tracheati; e i pesci, pure branchiati, appaiono prima degli altri vertebrati, che sono polmonati).

I singoli periodi della lunghissima storia del nostro pianeta, sono caratterizzati da faune e da flore corrispondenti che sono in complesso assai ben distinte da tutte le altre.

Queste leggi generali vanno tenute presenti per poi intendere la rapida discussione che avremo occasione di fare a proposito delle dottrine evolutive.

* * *

Sono stati oggetto d'interessantissime osservazioni i molteplici rapporti che gli animali hanno fra di loro, e col mondo vegetale e con l'uomo.

Poichè sappiamo, per esempio, che gli animall carnivori si nutrono di erbivori, e che questi si nutrono di vegetali, appare già manifesto un'evidente ragione di reciprocità di rapporti, i quali si esplicano con mezzi offensivi e difensivi adeguati, di svariatissima natura.

Particolarmente interessanti sono i fenomeni di *mimetismo*, di *simbiosi*, di *parassitismo*.

Mimetismo (che etimologicamente vuol dire « imitazione ») è il fenomeno che presentano molti animali di avere una colorazione o anche una forma che può farli confondere con particolari corpi naturali, con piante od animali diversi, in modo da passare facilmente inosservati o di trarre in inganno i nemici. In certi casi si tratta semplicemente di una *colorazione protettiva*, fissa o variabile, per cui un animale mal si distingue in mezzo all'ambiente in cui vive: per es. il color bianco di molti

animali che vivono sulla neve, il verde di molti che vivono fra le erbe, il fulvo di altri che vivono su fondi di tal colore (come nelle sabbie dei deserti); altri esempi più singolari sono dati da animali che possono automaticamente cambiar di colore secondo il fondo su cui si trovano (i cefalopodi in genere e molte specie di pesci, fra i più noti animali marini; la raganella, il camaleonte fra i terrestri).

Oltrecchè il colore vi è talvolta anche la forma sorprendentemente imitativa (mimetismo in senso stretto): il caso non è rarissimo negli insetti, e possiamo citare fra i nostrani il *Bacillus Rossii*, curioso ortottero che rassomiglia precisamente ad ud ramoscello secco (v. fig: 157).

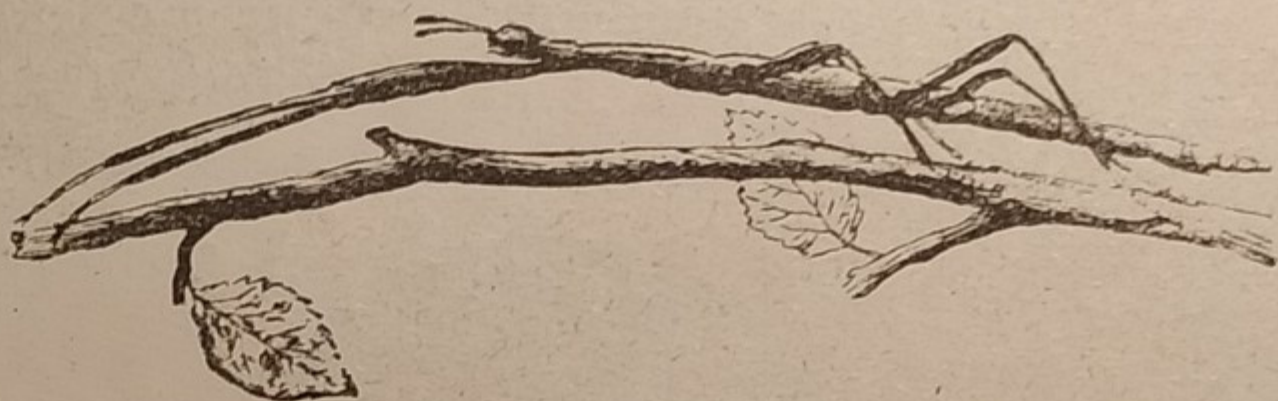



Fig. 157. - Bacillus Rossü (esempio di mimetismo negli Insetti. L'animale è disteso lungo. nn fuscello, superiormente).

Simbiosi è la stretta convivenza di due o più organismi, determinata da scambievole vantaggio (o per lo meno a vantaggio di uno e senza danno dell'altro); un esempio notissimo tra i vegetali è quello dato dai licheni che sono intime riunioni di alghe con funghi; e tra gli animali è particolarmente nota ed interessante la simbiosi dei *paguri* (crostacei) con le *attinie* (antozoi) o con le *suberiti* (spugne): anzitutto il paguro, che ha l'addome molle e delicato, si cerca una conchiglia vuota di un gasteropodo (mollusco) e vi s'introduce appunto con tutto l'addome, poi sulla conchiglia si fissa un'attinia od una suberite; queste ultime che sarebbero destinate all'immobilità hanno il vantaggio di essere portate in giro dal paguro, e questo il vantaggio di essere nascosto e protetto (fig. 158).

Parassitismo è convivenza di due diverse specie di organismi, a tutto vantaggio di una (parassita) e a danno dell'altra (ospite). Vi sono piante parassite di piante (per es. il fungo *peronospora* sulla *vite)*, piante parassite di animali (per es. il fungo *Botritys* che determina la malattia del « calcino » nel *baco da seta*), animali parassiti di piante (per es. la *fillossera* della vite, *l'anguillula* del frumento ecc.), animali parassiti di animali (per es. l'*estro* del cavallo, il *verme solitario* dell'uomo).

Si distinguono anche, secondo il modo di vivere, dei parassiti esterni od *ectoparassiti* (come molti vermi *trematodi* parassiti sulle branchie dei *pesci*, e molti *acari* ed *insetti* parassiti sulla pelle di tanti animali) e dei parassiti interni od *endoparassiti* (come altri trematodi, i nematodi, e tutti i cestodi, che vivono nei diversi visceri degli animali). Qui accenniamo semplicemente a queste forme, ma nella parte sistematica descriveremo in particolar modo molte delle specie più notevoli. Aggiungeremo per chiudere, che il fenomeno complesso del parassitismo è stato studiato nelle sue generali manifestazioni e che sono stati messi in evidenza, conseguentemente, alcuni fatti molto notevoli: anzitutto che il parassitismo produce un regresso negli animali che lo praticano (perchè si atrofizzano gradatamente tutti gli organi che non servono in modo diretto allo sfruttamento dell'ospite), in secondo luogo che il parassita, appunto perchè vive di sfruttamento, non ha interesse a distruggere l'ospite ma solo a dominarlo in tutto quanto può dargli di utile, e soprattutto a tenervisi avvinto con ogni mezzo meccanico di adesione, contro tutti i tentativi che l'ospite stesso possa fare allo scopo di liberarsi. In generale ad assicurare la propagazione delle specie contro le mille difficoltà che deve spesso incontrare per raggiungere l'ospite desiderato, il parassita è provvisto di organi riproduttori perfezionatissimi e si moltiplica con grandissima rapidità e diffusione.

Fig. 158 - Esempio di Simbiosi: un crostaceo (Pagurus P,); internato in una conchiglia vuota di gasteropodo (*c*); chiusa alla sua volta dentro una spugna (Suberites; S,).

Il sistema naturale.

Per istudiare una serie di cose o di fenomeni di qualunque categoria occorre seguire un criterio ordinativo e quindi *classificare* gli oggetti di studio ; e quando si tratta di oggetti *naturali* l'importanza e la difficoltà della classificazione sono grandissime perchè occorre scegliere appunto dei criterii naturali rigorosamente scientifici, riconoscere il significato, l'origine, il filo collegatore delle forme studiate, in una parola le leggi della loro formazione.

Dopo lo studio anatomico comparativo effettuato nei precedenti capitoli noi sappiamo oramai che tutti gli animali, come tutti gli organismi in genere, sono costituiti di cellule, di tessuti, di organi, che per quanto svariati di aspetto rivelano uno *schema di organizzazione comune*, che dalle forme inferiori alle superiori si complica e si perfeziona con passaggi insensibilmente graduali; e chiunque osservasse con qualche attenzione una ricca raccolta di animali sistematicamente ordinati avrebbe l'impressione sicura di questo graduale collegamento di forme.

E allora è chiaro che se si vuol fare una classifica zoologica naturale, ossia un *sistema* che rispecchi appunto la linea di svolgimento della organizzazione animale, bisogna effettuare i confronti con molta attenzione, cercando quei caratteri che abbiano realmente valore nella determinazione del grado di affinità delle diverse forme, senza lasciarsi ingannare dalle apparenze ; bisogna che nel sistema le varie specie ed i varii gruppi si trovino tanto più vicini quanto più numerosi e più profondi sono i loro caratteri di affinità, e che viceversa si trovino tanto più lontani quanto più notevoli sono i caratteri di divergenza ; ma bisogna pure che si cerchino le *cause originarie delle affinità e delle variazioni*, perchè solo da tale conoscenza si possono dedurre le leggi che regolano l'ordinato svolgimento delle forme.

Non si può qui accennare nemmeno sommariamente ai numerosissimi e genialissimi studi che sono stati fatti su questo grave argomento, nè, tanto meno, alle infinite polemiche che ne sono sorte e che durano tuttora nel mondo dei nostri studi ; ma si può dire soltanto che le diverse ipotesi sono sostanzialmente

riducibili a due divergenti categorie: quelle che affermano la *fissità della specie* e quelle che ne sostengono invece la graduale oppure la saltuaria *variabilità*.

L'idea generale della fissità della specie è stata seguita quasi senza contrasti fino al principio del secolo scorso, precisata con termini assoluti da *Carlo Linneo* (1707-1778), e calorosamente sostenuta anche in seguito da grandi naturalisti, quali *Giorgio Cuvier* (1769-1832) e *Luigi Agassiz* (1807-1873). Secondo il concetto della fissità, le infinite specie degli organismi sono state oggetto di altrettanti atti creativi distinti e si sono poi propagate nello spazio e nel tempo senza subire radicali trasformazioni; cosicchè *la specie* sarebbe un gruppo naturale ben definito, comprendente tutto l'insieme di quegli individui vivi od estinti che sarebbero derivati per generazioni successive da un capostipite comune (o da una coppia primitiva) creato indipendentemente dagli altri. In tal caso, solo l'affinità che si riscontra fra gli innumerevoli individui della stessa specie avrebbe valore di una *reale parentela*, mentre quella gradatamente meno accentuata che si riscontra fra le diverse specie ed i diversi gruppi avrebbe un valore puramente *formale* non rispecchiando che lo svolgimento dell'*Idea creatrice*.

Le varie ipotesi sulla variabilità della specie hanno incominciato ad affermarsi scientificamente solo nel principio del secolo scorso, per merito precipuo di *G. B. Lamarck* (1744-1829) che le divulgò con ardimento in una memorabile opera, la « *Philosophie zoologique* » (1809). Prima di quest'epoca l'idea della variabilità, ossia dell'*evoluzione*, era stata sostenuta con calore di fede ma con scarsa documentazione da filosofi nostri del cinquecento (*Giordano Bruno* e *Giulio Cesare Vanini*) che scontarono infelicemente col martirio le loro convinzioni troppo aperte e troppo in contrasto con la scienza ufficiale del loro tempo; e molto prima di loro la stessa idea fondamentale era stata intravveduta da antichi filosofi greci, quali *Anissimandro* ed *Eraclito*, ma in modo molto confuso e senza tentativo di dimostrazione.

Secondo il concetto di Lamarck, che è dunque il vero iniziatore dell'evoluzionismo, tutte le specie di animali e di piante sono soggette a trasformazioni graduali e continue, determinate soprattutto dalla influenza di corrispondenti *variazioni di am-*

biente (clima, regime di vita, ecc.). Così, se gli individui di una stessa specie vengono a trovarsi per qualsiasi causa separati e portati in ambienti diversi, si modificano più o meno sensibilmente per adattarsi ai corrispondenti ambienti, e le lievi trasformazioni appena sensibili effettuate nel breve spazio della vita individuale si continuano per *eredità* e si accentuano, per l'insistente azione dell'ambiente, di generazione in generazione fino a determinare, negli individui derivati, un complesso di caratteri sufficienti ad una distinzione specifica da prima, e poi coi secoli e coi millenni, anche di genere, di famiglia, di ordine ecc. La talpa attuale, per es., avrebbe gli occhi rudimentali a forza del disuso negli ambienti sotterranei a cui dovette adattarsi, mentre gli arti anteriori si sarebbero irrobustiti a forza dell'esercizio di scavare. Così stando le cose le infinite specie di animali e di piante non dovrebbero interpretarsi come altrettante serie lineari da disporsi parallelamente in virtù della loro creazione distinta, ma come ramificazioni ripetute di un grande albero, più o meno divergenti da un tronco comune; e allora anche tra le diverse specie ed i diversi gruppi in genere vi sarebbe una *parentela reale*, tanto più stretta quanto più vicino è il punto comune d'origine, e conseguentemente la specie sarebbe un'entità molto difficile a definirsi, essendo indeterminati i confini tra una specie e l'altra, e potendosi considerare ciascuna come un semplice *stato di passaggio* nel complessivo svolgimento dell'organizzazione.

Si potrebbe dire che la specie è l'insieme di tutti gli individui che hanno fra loro le maggiori affinità, che sono derivati da individui simili, e che producono individui simili per un certo numero di generazioni (si noti infatti la generale infecondità degli incroci fra individui di specie diverse), ma che poi gradatamente si trasformano nelle generazioni lontane, confondendosi nel passato con altre specie, e differenziandosi in ispecie diverse nell'avvenire. Ma è facile comprendere che, trattandosi di passaggi insensibilmente graduati, e non conoscendosi che in modo molto imperfetto la storia delle varie specie e dei varii gruppi, non è possibile costruire con soddisfacente approssimazione l'albero ideale della derivazione (*filogenia*) degli organismi, ed il Lamarck si è infatti limitato ad abbozzare uno schema approssimativo e provvisorio.

Specialmente per il fatto che il concetto dell'evoluzione veniva ad estendersi anche alla specie umana, ha incontrato fin dal suo apparire fortissima ostilità, e non ostante gli sforzi del Lamarck e di alcuni suoi valorosi seguaci, avrebbe molto tardato ad imporsi definitivamente, se il grande naturalista inglese *Carlo Darwin* (1809-1882) non l'avesse propagato nella seconda metà del secolo scorso con opere geniali, (1) ricche di osservazioni e di argomentazioni impressionanti, guidate però da concetti molto diversi da quelli del Lamarck, e che male si presterebbero ad una trattazione sommaria ed elementare. Diremo solo che il Darwin parte dal concetto che gli individui di una stessa specie, perfino i figli di stessi genitori, non sono mai precisamente uguali, per ragioni intrinseche non riconosciute, e siccome per vivere devono lottare contro le ostilità dell'ambiente (*lotta per la vita*), non avranno tutti uguale probabilità di vittoria, cioè di sopravvivere, ma prevarranno quelli che avevano già per natura caratteri più adatti all'ambiente; si determinerà insomma una specie di scelta (*selezione naturale*), che ripetendosi ed accentuandosi nelle varie generazioni può determinare col tempo la fissazione dei caratteri utili eccezionalmente apparsi, e quindi il formarsi di nuove specie. Così, per es., se da antichi progenitori dell'attuale Giraffa, aventi collo normale, fossero nati alcuni figli con collo più lungo, questi avrebbero avuto maggiore probabilità di buon nutrimento e quindi di vincere la lotta per la vita; e a lungo andare, continuandosi la naturale preservazione (*scelta*) degli individui col collo più lungo si sarebbe fissata l'attuale specie. Le opere del Darwin hanno dato luogo ad aspre polemiche ma anche a numerose ricerche scientifiche che hanno finito per far accettare l'ipotesi evoluzionistica, almeno nelle sue linee generali, da quasi tutti i naturalisti. Sono sorte, è vero, in questi ultimi tempi delle voci discordi, e non prive di autorità, che hanno opposto serie obbiezioni ad alcune idee e anche ad alcuni dati di fatto dei sostenitori dell'evoluzione; ma quelle voci, forse opportune a frenare le esagerazioni di certi evoluzionisti che

---

(1) Le più importanti opere del Darwin sull'argomento dell'evoluzione sono le due seguenti (tradotte anche in italiano):
1. *L'origine della specie per selezione naturale*. 1859.
2. *L'origine dell'uomo*. 1871.

danno tutto per ispiegato, non valgono ad infirmare il principio generale che è ormai posato su saldissime basi per il gran numero di prove e di ricerche sperimentali portate a sostegno.

Ci sembra che alcuni dei fatti più notevoli a favore dell'ipotesi evoluzionistica possano efficacemente essere menzionati anche in una trattazione elementare. Ricordiamo anzitutto i già esposti principii della *paleontologia*, che dimostrano il continuo variare delle faune e delle flore nei diversi periodi della storia della terra, e la precedenza avuta dalle forme più basse in confronto a quelle superiori dei singoli gruppi: se le specie fossero immutabili si troverebbero sempre le stesse in ogni periodo, e se anche si volessero ammettere delle creazioni successive (come alcuni vogliono) non si spiegherebbero i passaggi graduali che continuamente si trovano. D'altra parte lo studio dell'*embriologia* ci dimostra che nel breve periodo della vita embrionale un animale superiore passa rapidamente attraverso delle fasi che ricordano le condizioni attuali delle specie inferiori; e da ciò è sorta l'ipotesi molto attendibile che nel suo primitivo sviluppo ogni individuo riassuma in modo estremamente accelerato la vita della propria specie nel tempo (*legge biogenetica*); ed è certo che si spiegherebbe male altrimenti questo singolar modo di svolgersi della vita embrionale,

Sono inoltre di grande eloquenza i fatti relativi agli *organi rudimentali:* chi non ammette l'evoluzione deve trovarsi molto imbarazzato a spiegare, per esempio, la presenza di un cingolo pelvico nei cetacei, che mancano, come sappiamo, degli arti corrispondenti; oppure a spiegare come mai gli occhi, che sono fatti per vedere, si trovino ridotti sotto la pelle nel capo della talpa cieca; ed è superfluo dire che gli esempi si potrebbero moltiplicare.

Concludendo, l'idea dell'evoluzione ci sembra irrefutabile, ma ci affrettiamo ad aggiungere che ci sembrano invece giustificatissime le discussioni e le indagini intorno alle cause del grandioso fenomeno e intorno ai modi di sua esplicazione, perchè non sono punto sufficienti le spiegazioni del Lamarck e del Darwin, nè quelle dei rispettivi seguaci. Così pure ci sembrano assolutamente arbitrarie molte delle applicazioni sociologiche e filosofiche dell'evoluzionismo, fatte evidentemente con conoscenze superficiali o con preconcetti settarii. Crediamo, per esempio, che l'idea dell'evoluzione non sia affatto in contrasto con la fede religiosa più seriamente intesa: l'*evoluzione non esclude la creazione*, ma solo estende al di là dei limiti tradi-

zionali un concetto già universalmente accettato, secondo il quale ogni organismo ha una forza intrinseca di trasformazione e di auto-regolazione. Come già si concede che tutti gli individui viventi siano suscettibili di limitate trasformazioni, e capaci di perpetuare con la facoltà riproduttrice l'effetto dell'atto creativo soprannaturale intervenuto soltanto per i capo-stipiti delle rispettive specie, così si può pensare che le trasformazioni siano più illimitate e che tutte le specie abbiano un capo-stipite unico, o per meglio dire un'origine comune remotissima. Ma come è sorto e perchè il primo organismo? Chi ha dato leggi alla materia informe e a quella vivente, mettendole in condizioni di trasformarsi perfezionandosi per giungere fino alle altezze dell'anima umana? L'idea di ammettere che tutto ciò sia frutto del *caso* ci sembra almeno altrettanto puerile e dogmatica come quella dei sette giorni della creazione, con la differenza che quest'ultima ha almeno l'impronta di una bella ingenuità primitiva e la poesia di una tradizione più che millenaria.

Escluso il caso bisogna necessariamente riconoscere l'esistenza di una specie di *ordine predisposto* e quindi di una *creazione*. Questo riconoscimento troverà ancora ostilità in moltissimi naturalisti, ma è già fatto in modo più o meno aperto da alcuni spiriti più sereni, e preludia ad un radicale rinnovamento nei nostri studi; i quali non perderanno certo di dignità, ma saranno resi più attraenti e più educativi nel tempo stesso aumentando il nostro senso di ammirazione per le maraviglie della natura, e sollevando l'anima nostra a forme di fede che possono essere in armonia con la ragione e con la scienza.

L'influenza che le dottrine evolutive devono aver esercitato sulle classificazioni zoologiche e botaniche può in buona parte essere apprezzata da chi abbia seguito con qualche attenzione quanto fu esposto in questo stesso capitolo e nei precedenti.

Se le forme superiori sono derivate per graduale svolgimento da quelle inferiori si avrà come prima conseguenza la necessità di disporre le classificazioni stesse in *ordine ascendente* anzichè in senso inverso come fu praticato in passato; se esistono tra le diverse forme dei rapporti reali di parentela sarà necessario far risultare questi rapporti disponendo le forme stesse in un *sistema arborescente*, come quello dei membri di una famiglia in un prospetto genealogico; se l'evoluzione degli

organismi ha proceduto lentamente ma continuamente nel tempo, sarà di grande importanza lo studio delle *forme fossili* che occorrerà inquadrare nel sistema insieme a quelle viventi, e che gioveranno all'interpretazione di molte di queste. A tutto ciò bisogna poi aggiungere la *radicale modificazione del concetto di specie* nel senso già indicato nelle pagine precedenti, e l'*unità fondamentale di origine del regno animale e del regno vegetale*, per tramite di forme semplicissime primitive che potrebbero tuttora essere rappresentate da quel *regno dei protisti* di cui si è già fatto parola.

Non sarebbe inutile un esame comparativo delle classificazioni moderne e di quelle antiche, ma dovendoci necessariamente imporre delle limitazioni, esporremo solo qualcuna delle più importanti, sotto forma di semplici prospetti che rendano facili agli alunni stessi gli opportuni confronti.

Classificazione di Linneo.

(dall'Opera « Systema naturae » edizione 1758).

Classe I: **Mammiferi** (Cuore con quattro cavità — sangue caldo e rosso — vivipari).

Classe II: **Uccelli** (Cuore con quattro cavità — sangue caldo e rosso — — ovipari).

Classe III: **Anfibi** (Cuore con due cavità — sangue rosso ma freddo — respirazione ancora polmonare).

Classe IV: **Pesci** (Cuore con due cavità — sangue rosso e freddo — respirazione branchiale).

Classe V: **Insetti** (Cuore con una sola cavità — sangue bianco e freddo antenne articolate sul capo).

Classe VI: **Vermi** (Cuore con una sola cavità — sangue bianco e freddo — tentacoli non articolati in luogo di antenne).

N. B. Negli *Anfibi* erano compresi anche i *Rettili*; nei *Vermi* erano tutti i moderni tipi d'*Invertebrati* all'infuori degli *Insetti*. — Le classi furono divise in ordini, e questi inori, fino l enere e alla specie.

Classificazione del Cuvier (1812).

Tipo I: **Vertebrati** (col cervello e col tronco principale del sistema nervoso chiusi in un involucro osseo costituito dal cranio e dalle vertebre — con quattro arti — cuore muscolare — sangue rosso).

Comprendono le classi dei *Mammiferi*, degli *Uccelli*, dei *Rettili*, dei *Pesci*.

Tipo II: **Molluschi** (senza scheletro interno — pelle molle, spesso rivestita da una conchiglia — sistema nervoso costituito di varii ganglii sparsi per il corpo e riuniti da nervi).

Comprendono le classi dei *Cefalopodi*, degli *Pteropodi*, dei *Gasteropodi*, degli *Acefali*, dei *Brachiopodi*, e dei *Cirripedi*.

Tipo III: **Articolati** (Sistema nervoso costituito da due cordoni ventrali, paralleli, con una serie di ganglii, di cui il primo è sopraesofageo — Corpo diviso in segmenti, spesso rivestito da dermascheletri — con zampe laterali articolate).

Comprendono le classi degli *Anellidi*, dei *Crostacei*, degli *Aracnidi*, e degli *Insetti*.

Tipo IV: **Raggiati** (Il corpo è diviso in parti disposte come raggi intorno ad un centro, invece che a simmetria bilaterale come gli altri animali — Privi di sistema nervoso e di sensi).

Comprendono le classi degli *Echinodermi*, dei *Vermi intestinali*, degli *Acalefi*, dei *Polipi*, degli *Infusorii*.

Classificazione del Claus (1880).

Tipo I: **Protozoi** — Classi: *Rizopodi, Infusorii.*
Tipo II: **Celenterati** — Classi: *Spugne, Antozoi, Idromeduse, Ctenofori.*
Tipo III: **Echinodermi** — Classi: *Crinoidi, Asteroidi, Echinoidi, Oloturoidi.*
Tipo IV: **Vermi** — Classi: *Platelminti, Nematelminti, Rotiferi, Gefirei, Anellidi.*
Tipo V: **Artropodi** — Classi: *Crostacei, Aracnidi, Onicofori, Miriapodi, Esapodi.*
Tipo VI: **Molluschi** — Classi: *Lamellibranchi, Scafopodi, Gasteropodi, Pteropodi, Cefalopodi.*
Tipo VII: **Molluscoidi** — Classi: *Briozoi, Brachiopodi.*
Tipo VIII: **Tunicati** — Classi: *Tetioidei, Taliacei.*
Tipo IX: **Vertebrati** — Classi: *Pesci, Anfibi, Rettili, Uccelli, Mammiferi.*

Quasi tutte le classificazioni moderne non sono che ritocchi più o meno perfezionati alla classificazione del Claus. Quella che è adottata nel presente manuale è modificata specialmente

secondo lo schema del *Delage*, con varianti secondarie suggerite dagli studi più recenti intorno ai singoli gruppi.

Le principali innovazioni, in confronto alla classificazione del Claus sono: *a)* la separazione delle *Spugne* dai *Celenterati* che sono notevolmente più elevati per la presenza di tentacoli, di lamine divisionali nella cavità gastro-vascolare, e di un primitivo sistema nervoso; e per la mancanza di pori inalanti che sono invece caratteristici delle Spugne); *b)* la trasposizione degli *Echinodermi* al disopra dei *Vermi* che sono in complesso più semplici non ostante la loro simmetria bilaterale; *c)* l'introduzione del tipo dei *Vermoidi* subito dopo i *Vermi*, e la conseguente soppressione del tipo dei *Molluscoidi* molto improprio; *d)* la trasposizione degli *Artropodi* al disopra dei Molluschi, perchè questi ultimi, tipicamente acquatici, si collegano meglio alle forme inferiori pure acquatiche; *e)* La riunione dei *Tunicati* e dei *Vertebrati* nel tipo unico dei *Cordati*, per l'importante carattere comune della *corda dorsale*.

Per dare un'idea dei sistemi arborescenti, che meglio rispecchiano i concetti evoluzionistici, aggiungiamo solo un albero schematico della *filogenia degli animali superiori* (1), mettendo in evidenza la corrispondente traduzione in quell'*ordine lineare* che bisogna necessariamente seguire nella sistematica descrizione delle forme. Esaminando quest'albero, si capisce facilmente che i varii termini della gradazione lineare non riescono più disposti secondo l'ordine di derivazione (se, per esempio, i mammiferi vengono subito dopo gli uccelli, non vuol certo dire che si debbano interpretare come derivati da questi, ma solo che hanno raggiunto nell'albero generale dello svolgimento un livello più alto). Chi conosce il valore della parola « proiezione » in geometria può forse intendere bene pensando che l'ordine lineare non è, in questo caso, che una semplice proiezione dell'ordine arborescente.

---

(1) L'albero (vedi pagina seguente) è limitato alle forme superiori, anzitutto perchè la filogenia di queste è meno incerta, e poi perchè sarebbe troppo complicata e difficile l'estensione a tutto il regno animale. Non dovendo qui servire che a dare un'idea delle classificazioni arborescenti questo semplice *schema* può essere sufficiente.

Lo stesso albero si potrebbe trovare presso diversi autori con delle sensibili varianti, perchè anche sui rapporti fra questi gruppi di animali superiori vi sono tuttora dei punti controversi.

Nella parte *descrittiva* che fa seguito al presente capitolo si troveranno spesso indicate le singole specie con il loro nome scientifico. Occorre sapere che, per la regola della *nomenclatura binomia* proposta da Linneo ed ora universalmente adottata, ogni specie di animali, come di piante, è indicata con un doppio nome latino: uno precedente che si riferisce a tutto un *genere*, ossia a tutto un gruppo di specie affini, e uno seguente che si riferisce proprio alla *specie* considerata (per es. *Felis catus, F. leo, F. tigris,* ecc.).

Albero schematico
della probabile filogenia degli animali superiori

Mammiferi . . . . Mammiferi

Uccelli . . . . Uccelli

Rettili . . . . Rettili

Anfibi. . . . . Anfibi

Dipnoi . . . . Dipnoi

Teleostei . . . . Teleostei

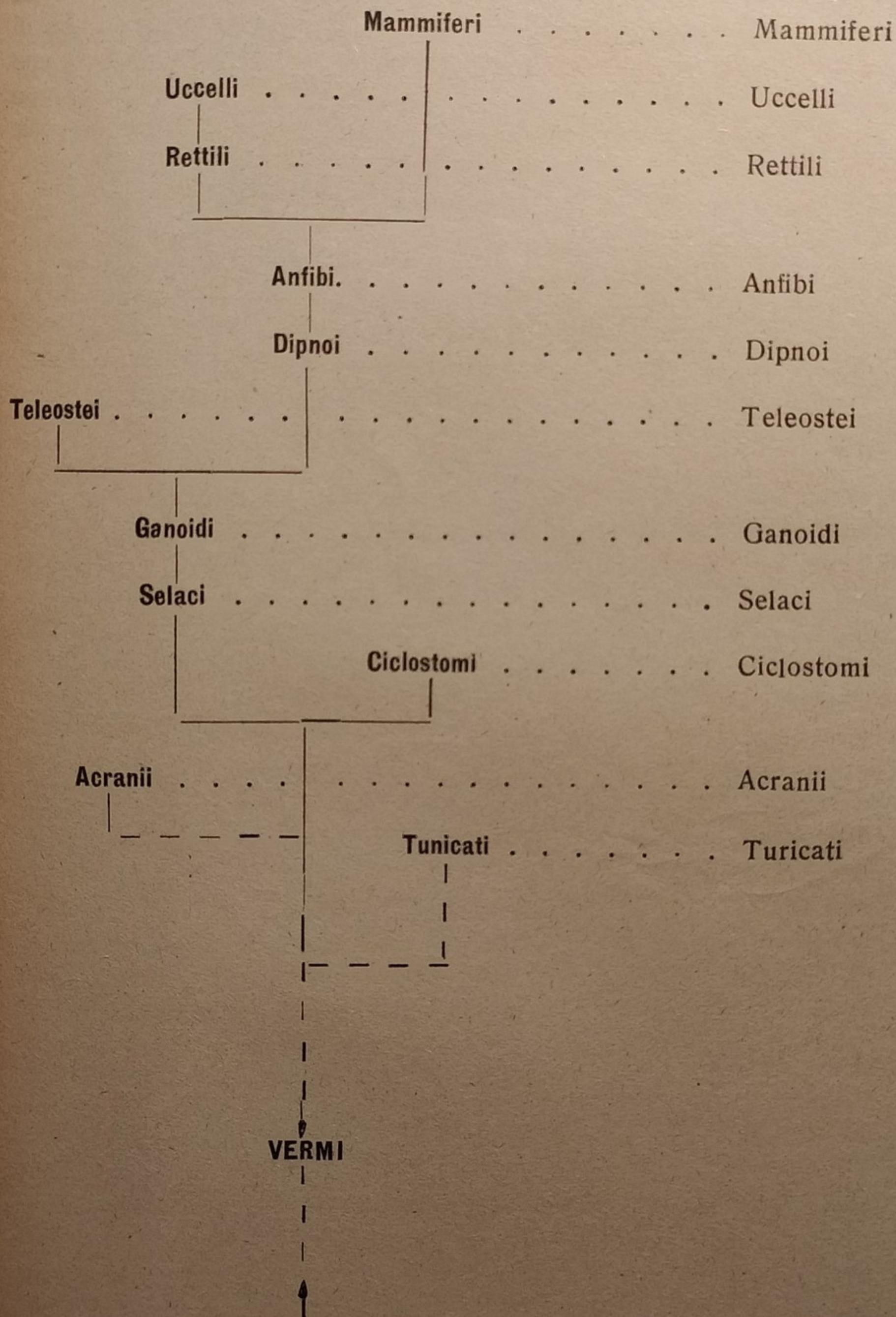
Ganoidi . . . . Ganoidi

Selaci . . . . Selaci

Ciclostomi . . . . Ciclostomi

Acranii . . . . Acranii

Tunicati . . . . Turicati

VERMI

Sommario di Zoologia descrittiva

Tipo dei Protozoi.

Sono i più semplici fra tutti i veri animali, e sono costituiti infatti da una sola cellula, o tutto al più da un'unica massa protoplasmatica che può qualche volta risultare dalla fusione di parecchie cellule (per es. i sincizi delle *Acinete*). Se vivono liberi sono eminentemente acquatici (marini o d'acqua dolce), ma molti sono parassiti, e allora possono vivere tanto nei liquidi organici (per es. nel sangue) come fra le cellule dei tessuti.

Generalmente sono provvisti di appendici atte al movimento o a facilitare la cattura del cibo (pseudopodi, ciglia, flagelli, tentacoli): alcuni hanno anche dei gusci calcarei o silicei di svariatissimi aspetti. Si moltiplicano con le varie modalità di riproduzione cellulare, spesso con cicli di generazioni transitorie più o meno complessi. Alcuni vivono isolati, altri in colonie numerosissime. Sono variamente suddivisi in classi ed ordini tuttora poco stabili; noi distingueremo le classi seguenti:

CLASSE DEI RIZOPODI. — Con protoplasma nudo e quindi a forma instabile, capace di emettere appendici più o meno numerose ed irregolari (pseudopodi). Spesso provvisti di guscio. Comprendono quattro ordini ben distinti:

Lobosi. — Talora nudi e talora con guscio, ma quasi sempre con pseudopodi relativamente grossi (lobi) e ben disgiunti. Comprendono il notissimo genere *Amoeba* (figura 9 e 159) ed altri affini, che vivono per lo più in acqua dolce, ma talvolta anche in mare e perfino fra la terra appena umida; qualche specie anche parassita.

Fig. 159. - *Amoeba princeps* (Loboso tipico).

Foraminiferi. — Con pseudopodi sottilissimi che spesso si riuniscono a rete. Sempre con un guscio tipicamente calcare (talvolta chitinoso o siliceo), che nella maggior parte delle forme è crivellato di numerosissimi forellini per cui passano gli pseudopodi.

Vivono tanto in acqua dolce che in acqua marina. Esempi fra i generi viventi più tipici: *Rotalia* e *Globigerina;* e fra i fossili le comunissime *Nummulites,* a guscio discoidale (*nummus* = moneta).

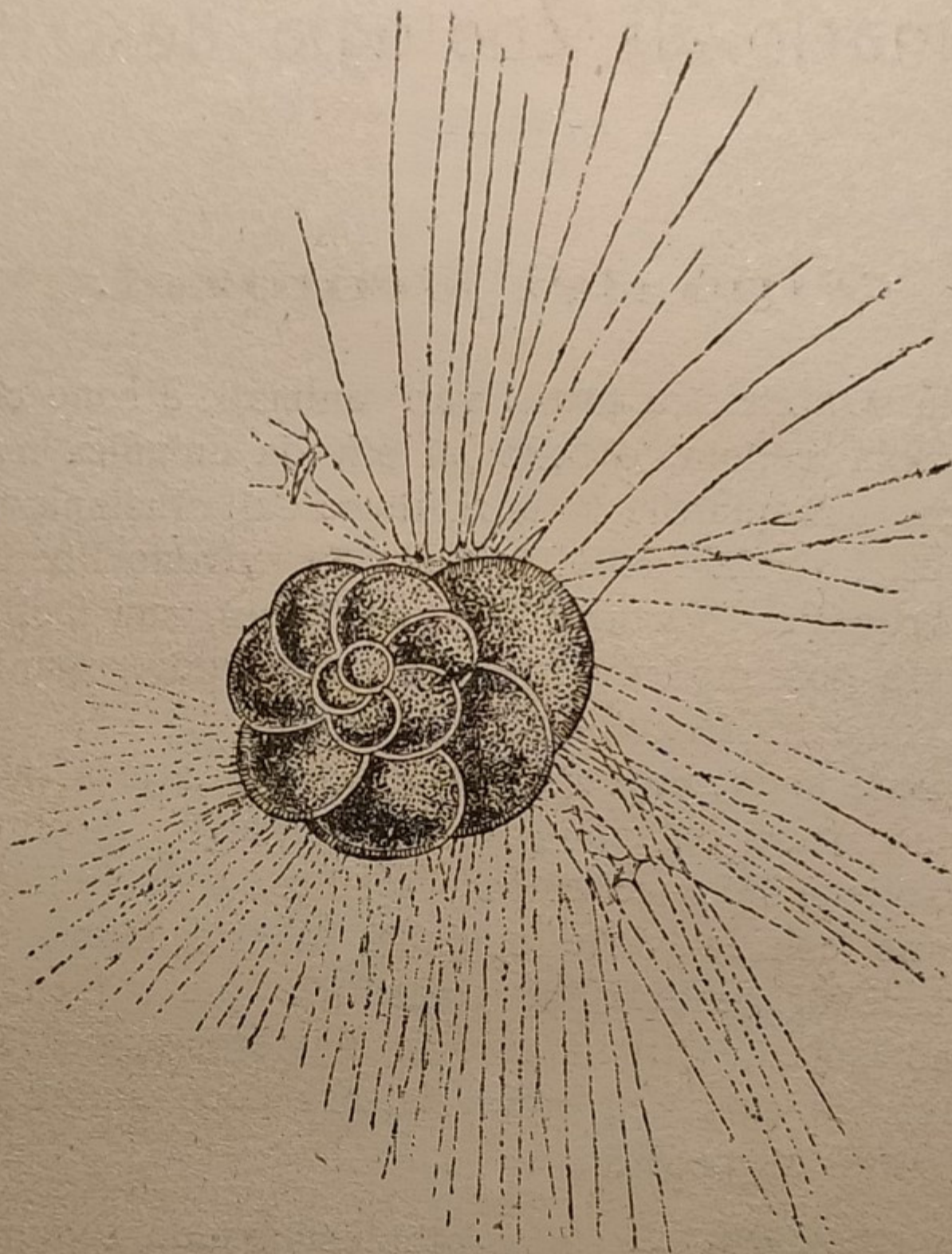



Fig. 160 - *Rotalia veneta* (Foraminifero vivente).

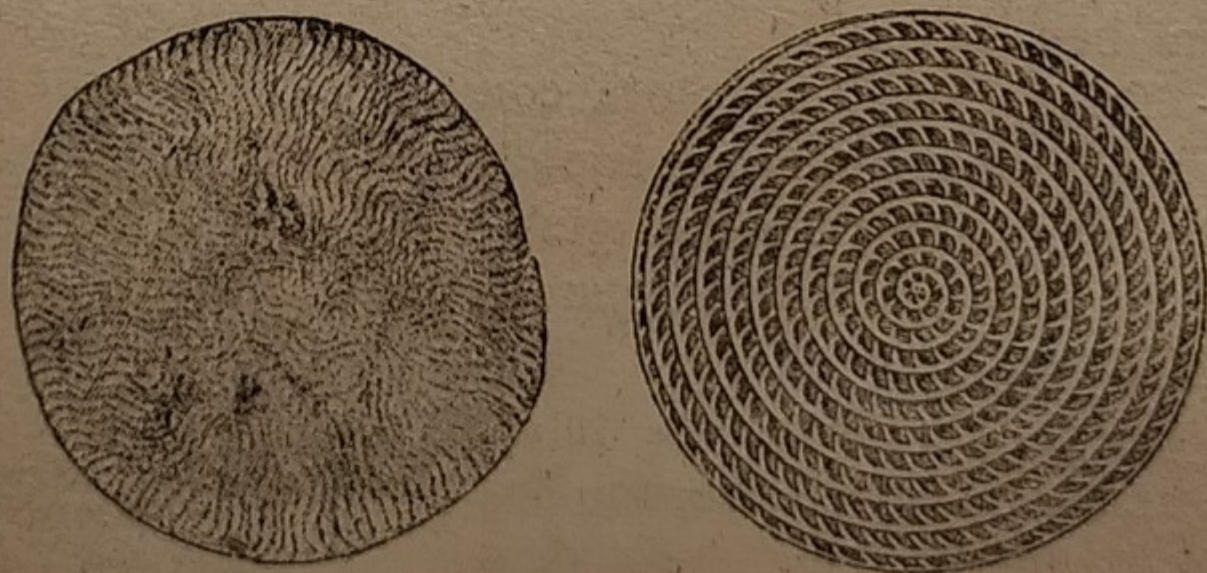



Fig. 161 - *Nummulites laevigata* (Foraminifero fossile — eocenico); A, di superficie; B, in sezione.

Eliozoi. — Con lunghi pseudopodi filiformi regolarmente disposti a raggi (èlios = sole) e sostenuti da un asse scheletrico silicico. Citoplasma nettamente diviso in due zone: una centrale (endoplasma)

ed una periferica (ectoplasma). Vivono specialmente in acqua dolce. Es. generi: *Actinophrys* ;

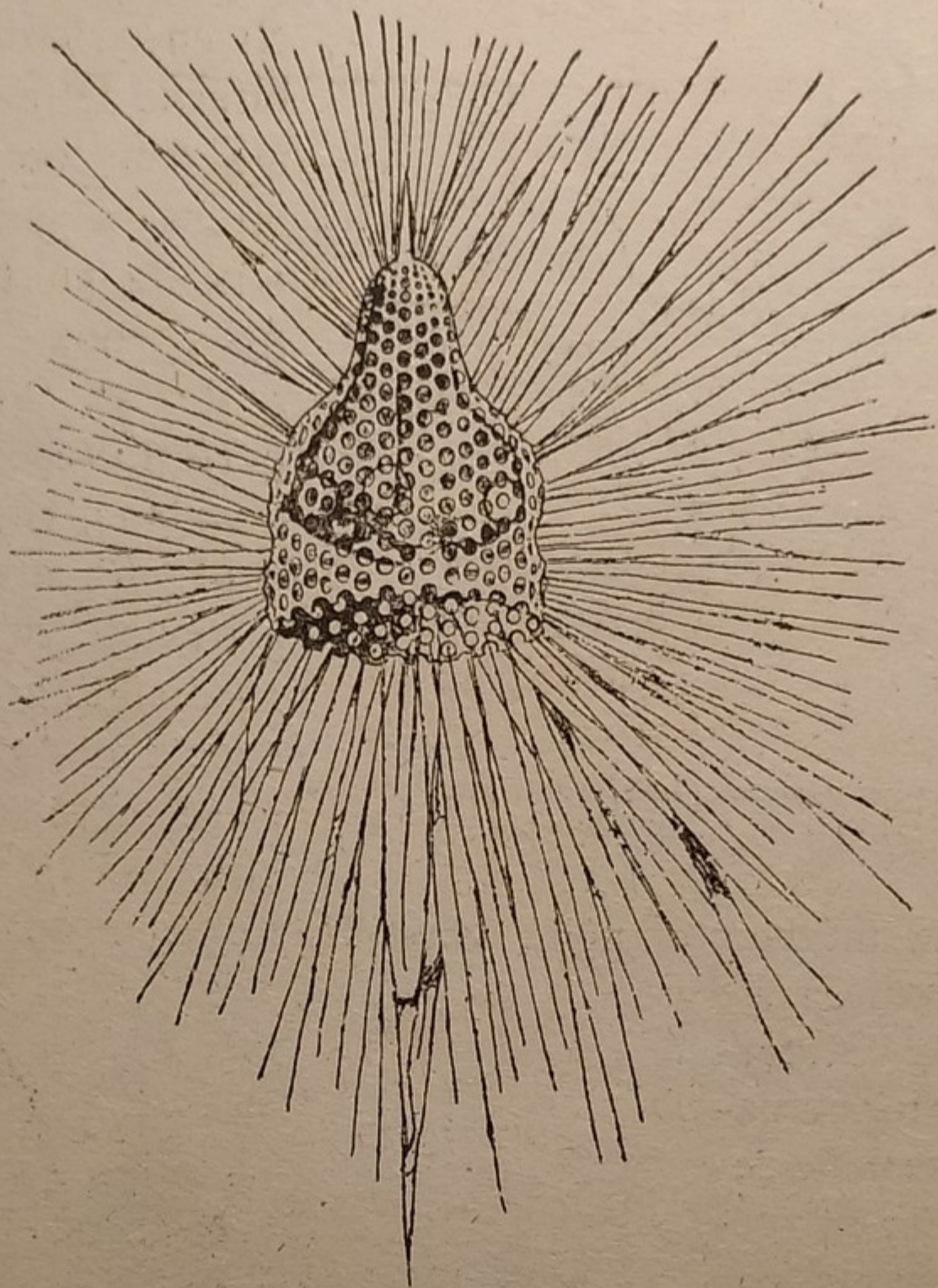



Fig. 162. - *Eucyrtidium cranoides* (Radiolario).

Radiolarii. — Con guscio siliceo per lo più regolare ed elegante. Il protoplaśma è in parte raccolto in una capsula centrale provvista di minuti fori per cui passa anche all'esterno. Gli pseudopodi filiformi ed a raggi non hanno però asse centrale e possono anche fondersi insieme. Eminentemente marini; con molte forme fossili. Es. generi *Heliosphaera* (fig. 7.), *Eucyrtidium* (fig. 162), *Thalassicolla*.

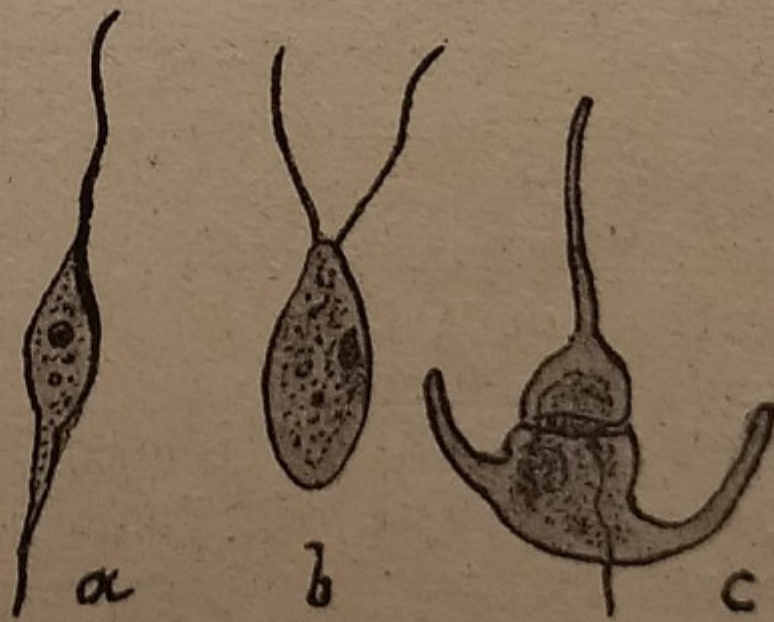



Fig. 163. - Varii tipi di Flagellati: *a*, *Cercomonas*; *b*, *Chlamydomonas*; *c*, *Ceratium*.

CLASSE DEI FLAGELLATI. — Con protoplasma rivestito di membrana, e quindi a forma stabile; provvisti di una o di poche appendici sottili e mobili (flagelli); mancano di veri gusci di natura minerale ma hanno talora una specie di cuticola di produzione protoplasmatica

resistente, formata di parecchi pezzi suturati fra loro (*Dinoflagellati*, es. *Ceratium*. fig. 163, c), oppure una specie di colletto nella parte superiore (*Coanoflagellati*) che ricorda le cellule interne delle spugne (fig. 2, m), o anche una capsula intera a guisa di calice, talvolta molto più grande del corpo, e tal'altra aderente al corpo in modo perfetto (esempio *Chlamydomonas*, (fig. 163, b). Alcuni di questi flagellati, provvisti di clorofilla, si assomigliano tanto a certe specie di alghe, che spesso riesce difficilissima la distinzione.

Fig. 164. - A. *Trypanosoma gambiense* (ingrandito circa 3000 volte); *gl. r.*, globulo rosso.

Vi è molta incertezza nella classificazione, e qui non faremo cenno particolare che di un genere interessantissimo di forme parassite, diffuse nelle regioni tropicali; è il genere *Trypanosoma* con numerose specie estremamente piccole: *T. Brucei, T. Evansi, T. equinum*, che diffondendosi nel sangue producono terribili malattie nel bestiame; *T. gambiense* che è la causa accertata della famosa « malattia del sonno » dell'uomo nell'Africa centrale, come scoprì il nostro connazionale Dott. Aldo Castellani. Tanto questa specie come le altre sono propagate per tramite di mosche pungenti, chiamate in Africa col nome generico di mosche *tse-tse*, e di cui la più nota è la *Glossina palpalis*, che propaga appunto la malattia del sonno.

Fig. 164. - B. *Glossina palpalis* (una delle mosche *Tse-tse*).

CLASSE DEGLI SPOROZOI. — Provvisti di membrana ma privi di appendici (almeno allo stato adulto). Si riproducono con complicate

sporificazioni (da cui il nome), e sono tutti parassiti. Notevoli gli ordini dei *Coccidii* e delle *Gregarine*, con forme che vivono fra le cellule epiteliari dell'intestino di molti animali; ma più importante ancora il gruppetto degli *Emosporidii* (che alcuni considerano come flagellati), a cui appartiene il famoso plasmodio della malaria (*Plasmodium malariae* ed altre specie affini).

Come appare dalle unite figure (fig. 166), questo microscopico parassita ha un ciclo vitale molto complicato. Nella sua forma più tipica ha l'aspetto di un'ameba molto semplice (fu infatti ascritto da alcuni al genere *Haemamoeba*) e vive nei corpuscoli rossi del sangue umano, producendo le famose febbri malariche (di cui esistono però diverse varietà, prodotte anche da specie diverse). Compie nel sangue umano parecchie sporificazioni consecutive, distruggendo un gran numero di corpuscoli rossi; ma dopo parecchie generazioni finisce per produrre spore di due diversi tipi (*ooidi* e *spermoidi* che si comportano come due cellule sessuate), le quali devono fecondarsi per produrre nuove spore, ma non possono riuscirvi se non passano nel corpo di un ospite intermedio. E' questo una particolare zanzara (*Anopheles claviger* ed altre specie del genere) che assume le spore sessuate succhiando sangue da uomini infetti. Nell'intestino della zanzara avviene la fecondazione fra gli ooidi e gli spermoidi, e si formano da prima delle spore maggiori (*zigoti*), le quali poi ne producono altre piccolissime, quasi filiformi, (*sporozoiti*), che si raccolgono nelle ghiandole salivali della zanzara, per ritornare ancora nel sangue umano e prendere la forma originaria ameboide, non appena la zanzara avrà potuto pungere qualche persona iniettando nella piccola ferita gocce di sua saliva con le spore incluse.

Fig. 165. - *Menospora polyacantka* (Gregarina tipica parassita intestinale degli Insetti).

Conosciuto questo ciclo di sviluppo, dopo infinite ricerche, in cui si segnalarono specialmente zoologi e medici italiani (i proff. Grassi, Golgi, Celli, Bignami, Baccelli, Marchiafava ed altri), il grave problema nazionale della malaria è stato posto sulla via della soluzione. Mentre fu trovato con le iniezioni endo-venose di chinino un rimedio diretto sicurissimo contro gli effetti dell'infezione, furono anche indicati dei mezzi preventivi molto efficaci contro le cause, ostacolando la vita all'anofele, sia coll'eliminare le acque stagnanti dove vive la sua larva, sia col munire di reti metalliche le finestre

Fig. 166. - Plasmodio della malaria e suo sviluppo; *a*, corpuscolo rosso con dentro un plasmodio; *b*, sporificazione del plasmodio dentro un corpuscolo: *c*, spora sessuale femminile (ooide); *d*, spora maschile (spermoide); *e*, zigote isolato; *f*, zigote in sporificazione; *g*, sporozoiti isolate; *H*, *Anopheles* alquanto ingrandito; *k*, larva di *Anopheles*.

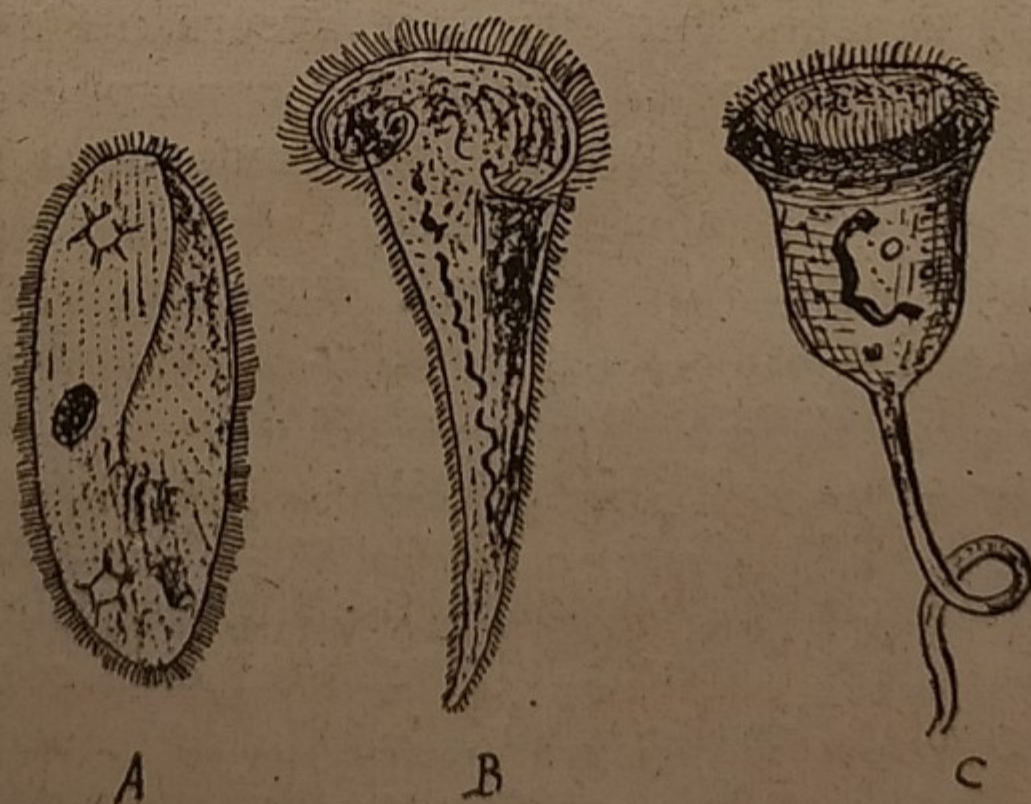



Fig. 167. - Varii tipi di Ciliati: A, *Paramaecium;* B, *Stentor;* C, *Vorticella*.

delle case nelle zone malariche, in modo da non permettere l'accesso all'insetto adulto.

CLASSE DEI CILIATI. (Infusorii). — Sono protozoi relativamente elevati, avendo nella loro cellula delle differenzazioni strutturali e funzionali notevoli (un punto fisso per l'entrata dell'alimento, ossia una specie di bocca primitiva detta *citostòma*, e per lo più anche un punto fisso per l'eliminazione dei rifiuti). Hanno una membrana o cuticola più o meno spessa, e un citoplasma nettamente distinto in due strati (ectoplasma ed endoplasma); e presentano numerose e sottili appendici vibratili dette *ciglia*. La riproduzione è talvolta sessuale. Generalmente vivono liberi nelle acque dolci stagnanti, ma non mancano esempi di forme parassite. Alcuni sono in colonie. Sono per lo più classificati secondo l'ordine di distribuzione delle ciglia. Notevole il genere *Pàramaecium*, con forme libere, isolate e relativamente grosse, comuni nelle acque dolci; il genere *Vorticella*, con forme coloniali fissate mediante peduncolo; il genere *Stentor* con ispecie ad aspetto conico allungato (v. fig. 167).

CLASSE DELLE ACINETE (Succhiatori). — Corpo che risulta spesso da una fusione di cellule (sincizio), e che di solito è fisso mediante un peduncolo. All'estremità opposta al peduncolo presentano un certo numero di appendici speciali, cave internamente e forate all'estremità: sono *succhiatoi* coi quali catturano altri microscopici organismi (v. fig. 12). Gen. *Acineta. Dendrosoma* ed altri.

Tipo dei Poriferi.

Più comunemente si chiamano *Spugne*, e sono i più semplici

Fig. 168. - Euspongia (Spugna cornea comune).

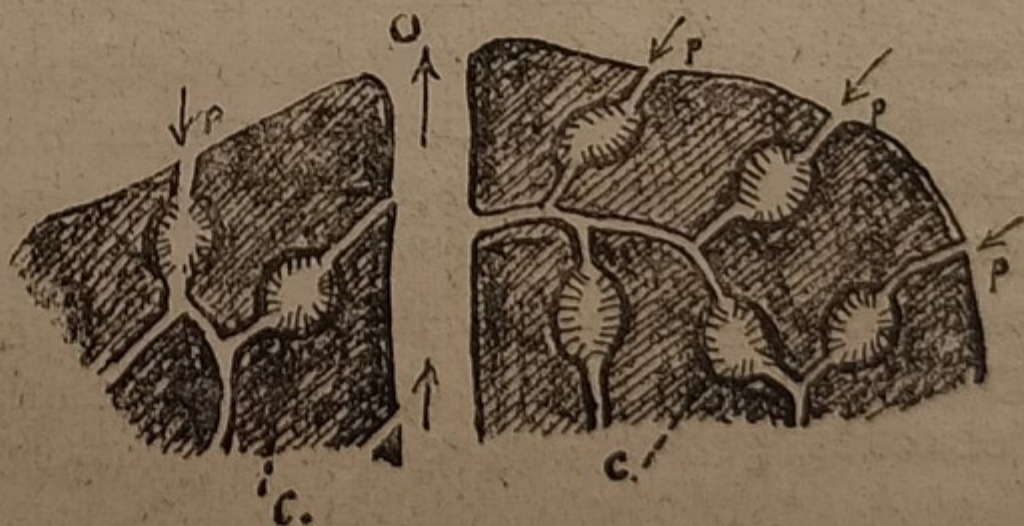



Fig. 169. - Sistema gastro-vascolare di Spugna (sezione schematica): *p*, pori inalanti; *c*, camere flagellate; *o*, osculo.

animali pluricellulari. Il loro corpo è una specie di sacco aperto ad un'estremità con un ampio foro (*òsculo*) da cui esce l'acqua dell'ambiente, che penetra continuamente nella cavità interna per mezzo

d'innumerevoli forellini (*pori inalanti*) sparsi per tutta la parete (da cui il nome di *poriferi* - v. fig. 56, 168, 169).

Le pareti risultano di un triplice strato di cellule, di cui le interne sono flagellate. Dalla parte opposta all'osculo sono fisse ai corpi sommersi. Lo strato mediano dà luogo a produzioni scheletriche (calcari, silicee, cornee) che formano un caratteristico dermascheletro. Per lo più sono polizoiche, ossia vivono in colonie, dove gli individui sono cosí continuamente connessi che non riesce facile distinguerli (nella spugna comune, che appunto è coloniale, il numero degli individui è rivelato dai fori maggiori, rappresentanti gli osculi individuali). Non hanno altri organi all'infuori di quel semplice sistema gastro-vascolare che serve a tutte le funzioni, e che risulta della cavità del corpo e dei canali che vi portano l'acqua dai pori inalanti. Si moltiplicano per via agamica (per cui un individuo ne produce un altro della stessa colonia) e per via sessuale (per cui si formano le colonie nuove, a mezzo di una larva ciliata e libera che poi si fissa). Vivono quasi tutti nel mare, meno poche eccezioni di acqua dolce (es. gen. *Spongilla*).

Fig. 170. - *Axinella polypoides* (Spugna silicea).

Gli zoologi non sono ancora d'accordo sul modo di classificarli. Per lo più si tien conto della natura del dermascheletro, e a questa stregua si potrebbe distinguere: un gruppo di **Calcispongie** o spugne calcari (per es. quelle del genere *Sycon* - v. fig. 56 - con forme che vivono anche isolate, che sono, cioè, monozoiche); un gruppo di **Silicospongie** o spugne silicee (per es. le eleganti *Euplectelle*, che sembrano intrecci di fili di vetro, le massiccie *Geodie* che sembrano semplici pietre, le curiose *Suberiti* che già conosciamo per i fenomeni di simbiosi); poi un gruppo di **Ceratospongie** o spugne cornee, fibrose, come le comunissime spugne che noi usiamo (gen. *Euspongia*); e finalmente un gruppo di **Missospongie** con poche forme prive al tutto di dermascheletro (es. gen. *Halisarca*).

Tipo dei Celenterati.

Si chiamano anche *Cnidarii* perchè sono specialmente caratterizzati dalla presenza di speciali cellule urticanti (*cnidi*) alla superficie del corpo (fig. 171). Hanno in comune con le spugne molti caratteri, come la presenza di un sistema gastro-vascolare, la frequente

riunione in colonie fisse, la produzione di dermascheletri, la vita esclusivamente acquatica e soprattutto marina, la riproduzione alternata Ma la cavità del loro corpo comunica con l'esterno per una sola apertura (mancando i pori inalanti), intorno alla quale si trova generalmente una corona di tentacoli cavi e mobili (non aperti all'esterno). La cavità può complicarsi per la presenza di tramezzi (lamine mesenteriali), che la dividono in settori longitudinali; v. figura 57); inoltre s'incomincia a trovare un elementare sistema nervoso.

Fig. 171. - Cellule urticanti (cnidi) di Idra: *ek*, ectoderma con cellule urticanti; *en*, endoderma con cellule flagellate; *a*, cnido prima dello scatto; *b*, dopo lo scatto.

Il loro corpo è sempre foggiato su due tipi distinti: o è tubulare, fisso alla base e con bocca e tentacoli in alto, ed allora è il tipo di *po-*

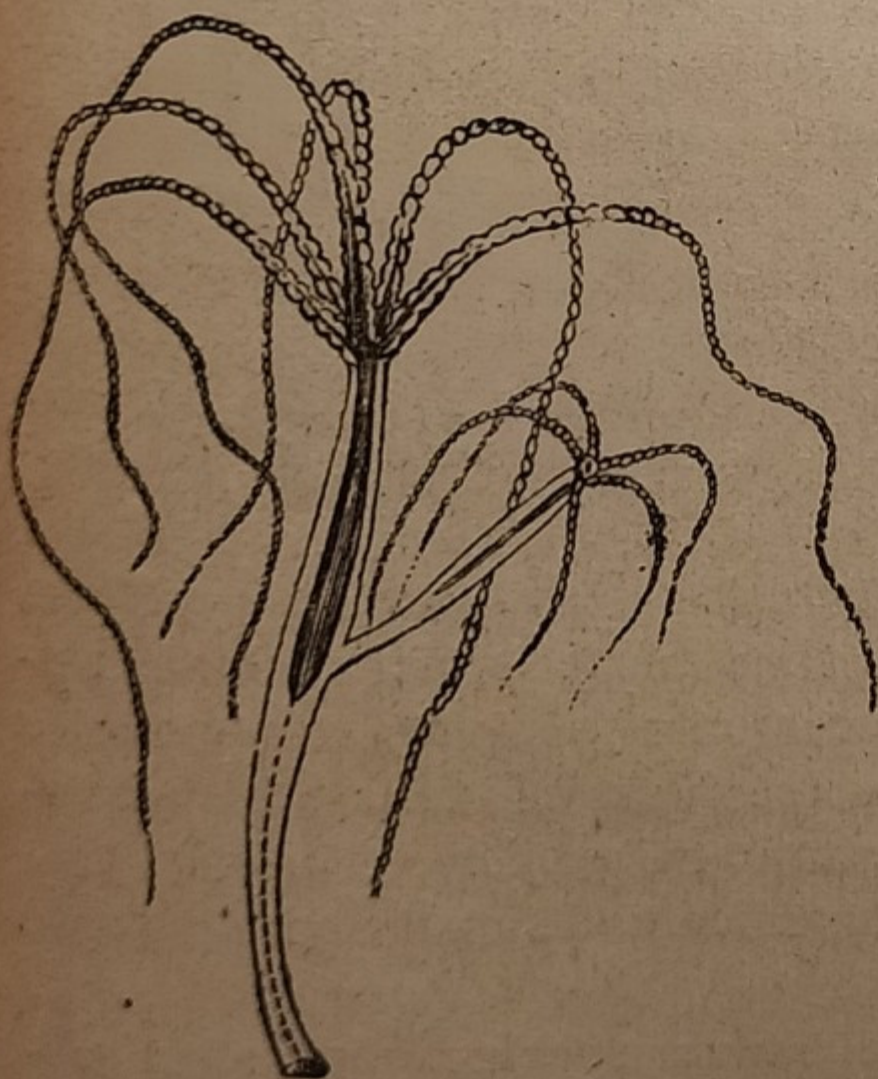



Fig. 172. - A, Idra comune.

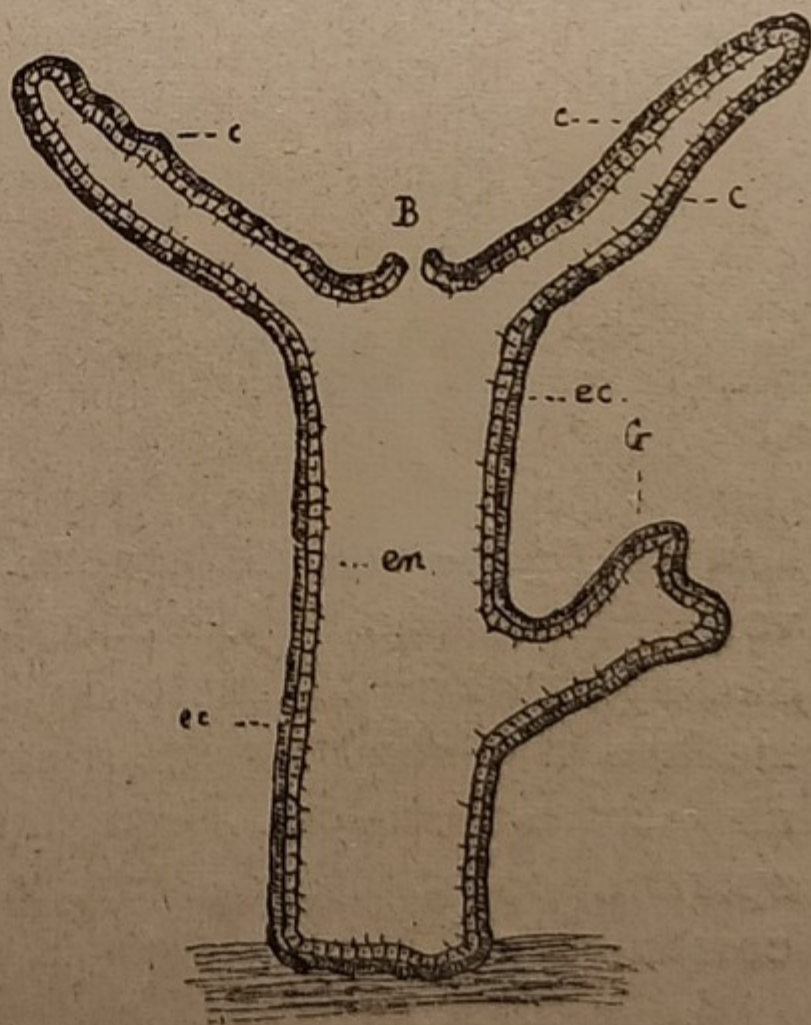



Fig. 172. - B, Idra in sezione (molto ingrandita); B, bocca; *c*, cnidi; *ec*, ectoderma; *en*, endoderma; G, gemma.

lipo (fig. 172, 175, 178, 57); oppure è fatto a campana o ad ombrello, con la bocca e i tentacoli verso la parte concava inferiore, e allora è

il tipo di *medusa* (fig· 180, 173). I dermascheletri comuni a tutta una colonia si chiamano polipai. La classificazione comunemente accettata è quella che li divide in tre grandi classi: *Idrozoi, Antozoi, Scifozoi.*

Un'altra classe, da includere tuttora nel tipo secondo alcuni zoologi, è considerata da molti come estranea e collocata più in alto: è la classe degli *Ctenofori*, che comprende forme marine strane, esili, trasparenti, prive di cnidi e provviste invece superficialmente di serie di ciglia.

Quest'ultima è in complesso una piccola classe di secondaria importanza.

CLASSE DEGLI IDROZOI. — Comprende individui polipoidi e medusoidi molto semplici. I polipi sono senza lamine mesenteriali e vivono

Fig. 173. - A. Medusa craspedota (*Syncorine*).

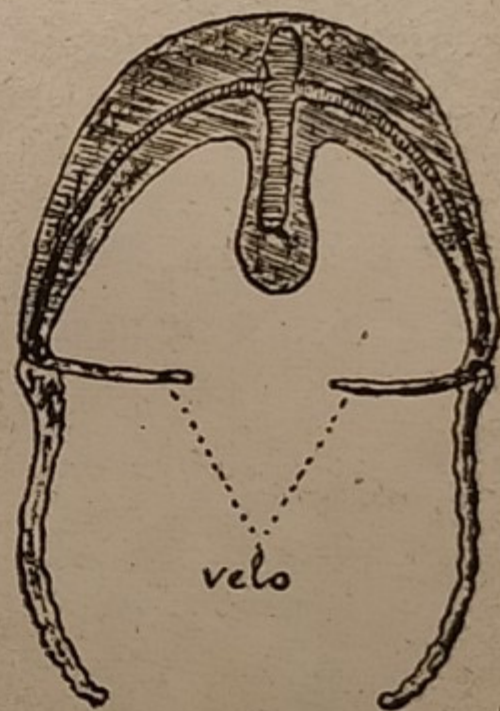



Fig. 173. - B. Medusa craspedota Gen. *Leptolida* (in sezione schematica per mostrare posizione del velo).

fissi in piccole colonie generalmente senza dermascheletri; qualche volta sono associati a meduse e possono anche formare colonie mobili, spesso caratterizzate da un accentuato *polimorfismo* (polipi e meduse di diversi aspetti e con diverse funzioni nella stessa colonia), come si vedono negli interessanti *Sifonofori*, esilissimi, trasparenti, con molti individui intercomunicanti disposti sopra un asse comune (fig. 174)..

Le meduse di questa classe, anche nelle specie libere e più elevate, sono sempre di modeste dimensioni, con una cavità gastrale semplice e con un caratteristico *velo*, o anello membranoso sull'orlo dell'ombrello (fig. 173).

Dal greco *cràspedon*, che significa frangia, velo, si dicono meduse *craspedote* con denominazione generica. La maggior parte degli Idro-

zoi sono marini, ma alcune specie sono d'acqua dolce come le comunissime *Idre (Hydra viridis, H. fusca* ecc.), da cui trae il nome la classe.

CLASSE DEGLI ANTOZOI. — Sono esclusivamente di tipo polipoide, per solito in grandi colonie a polipaio calcare di svariatissimo aspetto; ma qualche volta il polipaio è corneo oppure di consistenza carnosa per l'insufficiente sviluppo degli elementi calcari. Alcuni vivono anche isolati, tutti sono marini. I singoli polipi, muniti di una corona di tentacoli relativamente grossi, sembrano piccoli fiorellini impiantati su rami (essendo spesso arborescente il polipaio), e da ciò il loro nome di antozoi che vuol dire « animali fiore ». La cavità gastrale è divisa in loggie per mezzo delle laminette mesenteriali già nominate; le singole loggie sono aperte in fondo e comunicano con un sistema di canali che percorrono tutto il polipaio; sicchè le cavità individuali sono intercomunicanti (fig. 57).

Fig. 174. - ***Physophora hydrostatica*** (Sifonofori); *pn*, pneumatoforo; S, individui medusoidi natanti; T, tentacoli con filamenti pieni di cnidi; P, polipi gastroidi (da C. Claus).

Sono notevoli: il *Corallo rosso*, il cui polipaio si lavora come si sa per oggetti ornamentali; il *Corallo nero* (genere *Antipathes*), le *Pennatule* (con polipaio carnoso a forma di penna, fosforescenti), le *Madrepore* (con polipai bianchi estesissimi, che formano barriere ed isole — atolli nei mari caldi), le *Altinie* (conosciute volgarmente coi nomi di rose di mare, anemoni di mare, per la ricca raggiera di tentacoli sul corpo molle, vivamente colorato; vivono solitarie, fisse, ma anche capaci di lievi movimenti), le *Fungie* (pure solitarie, ma col dermascheletro bianco, a forma di cappello di fungo - v. fig. 179).

CLASSE DEGLI SCIFOZOI. — Sono solitamente grosse meduse che vivono isolate e libere nel mare. Sono prive di velo (dette perciò

Fig. 175. - Frammento di polipaio di corallo (*Corralium rubrum*).

Fig. 176. - *Pennatula phosphorea* (a polipaio carnoso).

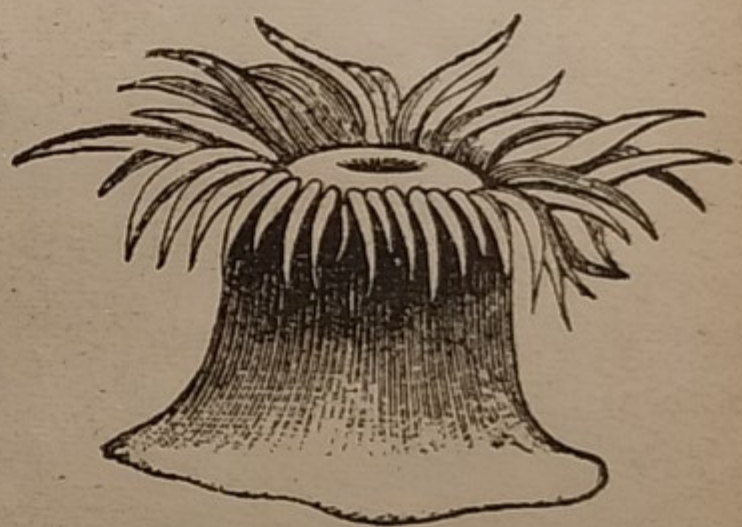



Fig. 179. - Attinia (*Sagartia nivea*). Polipo carnoso solitario.

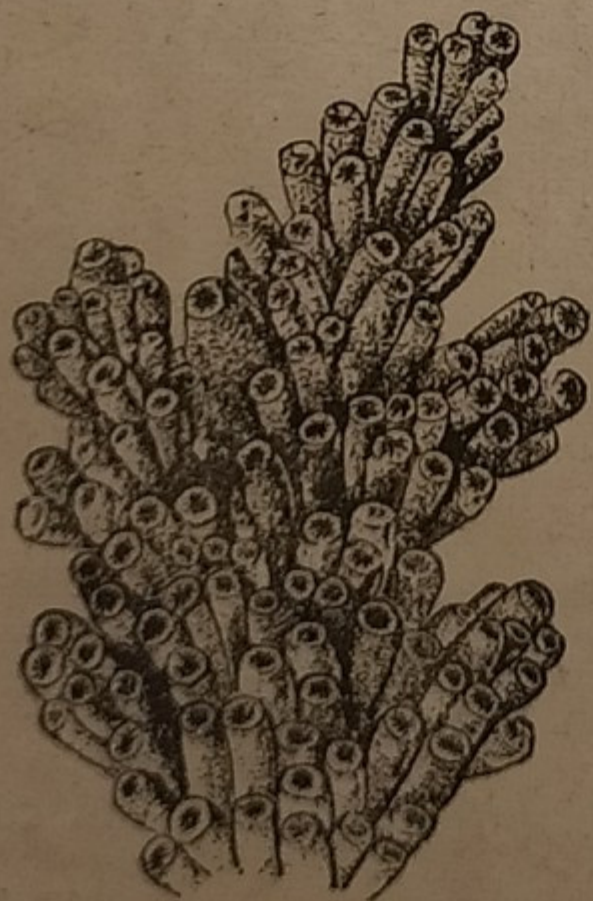



Fig. 177. - Frammento di polipaio di *Madrepora verrucosa*.

Fig. 178. - *Fungia agariciformis* (dermascheletro individuale).

acraspedote), e la loro cavità gastrale contiene appendici filiformi paragonabili alle lamine mesenteriali. Hanno riproduzione alternata e sviluppo per metamorfosi: la medusa comune è sessuata e produce larve (*Scifostomi*) che da prima si fissano e poi, per serie di gemmazioni, danno nuovamente le forme sessuate e libere (che allo

Fig. 180. - *Pelagia noctiluca* (meduse acalefe).

stato giovanile si chiamano *Efire*). Alcune sono fosforescenti, come la comune *Pelagia noctiluca* (v. fig. 180). Il nome di *Scifozoi* trae dalla forma a calice (scyfos) della larva.

Tipo dei Vermi.

E' un tipo poco naturale perchè comprende forme così diverse le une dalle altre che riesce difficile trovare dei caratteri estensibili a tutte. Alcuni zoologi lo hanno ormai soppresso sostituendolo con le rispettive classi direttamente; ma siccome la questione non è finora risolta in modo sicuro, giova mantenere in via provvisoria l'ordine tradizionale che è il più noto. Del resto si può dare a questo tipo una maggiore omogeneità separando in un altro tipo a parte quelle forme che sono più divergenti (vermoidi).

Diremo che i veri vermi sono animali con chiara simmetria bilaterale, con il corpo molle, privo di appendici locomotorie, con sistema nervoso ventrale poco accentrato (serie di ganglii uguali). Si possono dividere anzitutto in due grandi sottotipi secondo l'impor-

tante carattere della presenza o della mancanza di una cavità del corpo (detta *celoma)*: il sottotipo degli *Acelomatici* o *Parenchimatosi,* privi di celoma e perciò con tutti gli organi immersi in un tessuto fondamentale detto parenchima; e 1 sottotipo dei *Celomatici* con gli organi riuniti in una cavità generale del corpo. I Parenchimatosi comprendono le classi dei *Platelminti* e dei *Nemertini;* e i Celomatici le classi dei *Nematelminti* e degli *Anellidi.*

CLASSE DEI PLATELMINTI. — Sono generalmente appiattiti (da cui il nome), ma non mancano eccezioni di forme cilindriche od irregolari. L'intestino è senza apertura anale, oppure si è ridotto rudimen-

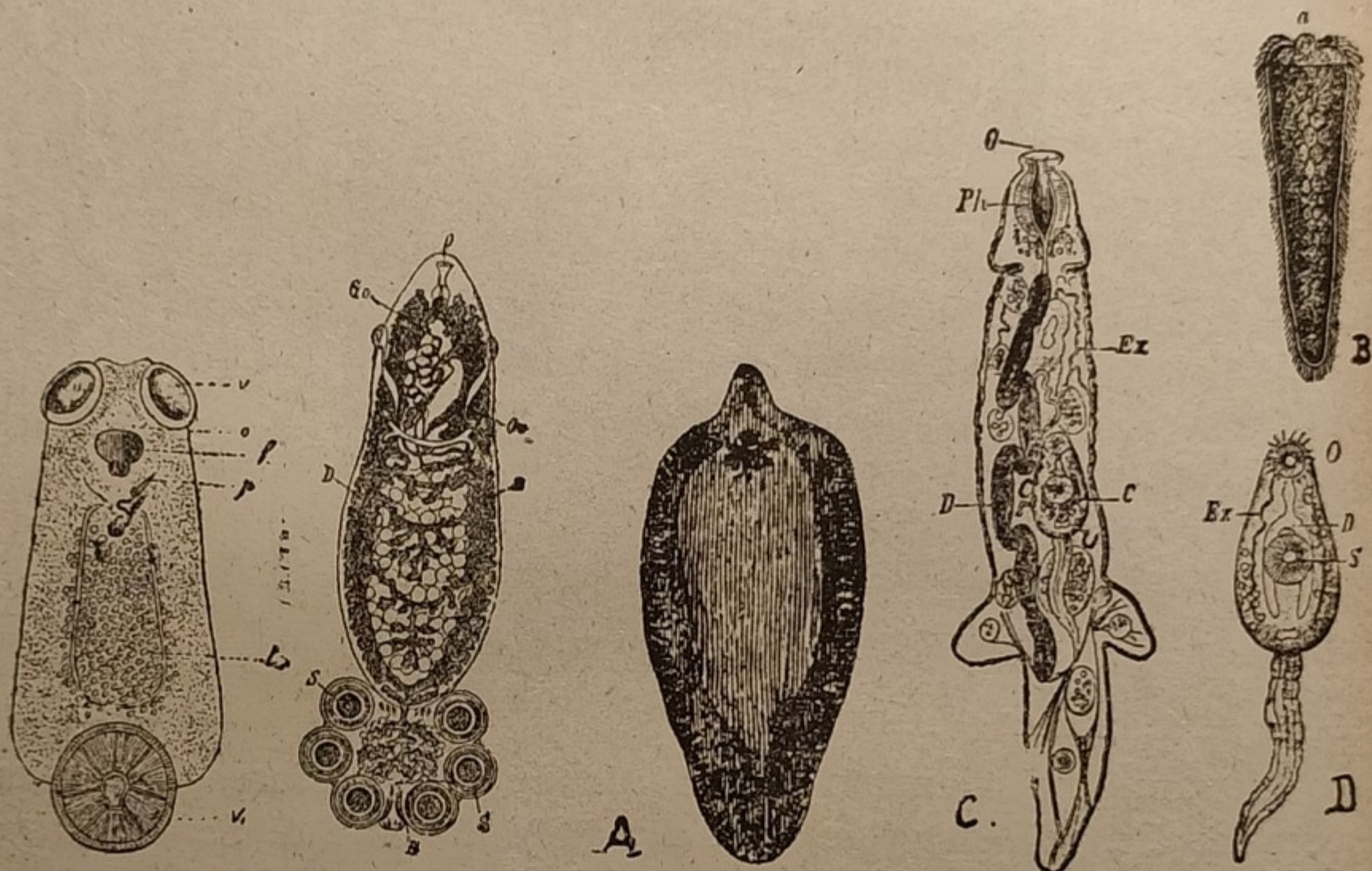



Fig. 181, A. - *Trisiomum histiophori.* v. ventose anteriori; v', ventosa posteriore; o, occhi rudimentali; f, faringe; p, t, organi riproduttori,

Fig. 181, B. - *Polystomum integerrimum* o, bocca. b. o. orificiogenitale; ov. ovario D. rami dell'intestino. S. ventose.

Fig. 182. - Distoma epatico (*Fas iola hepatica*); A, forma adulta a grandezza naturale; B, embrione ciliato; c, stadio di Redia, con inizio di tubo digerente e con sviluppo di Cercarie nell'interno; D, stadio di Cercaria con più progredita organizzazione.

tale al punto da scomparire del tutto; l'apparecchio circolatorio manca. Sono quasi tutti ermafroditi e con sviluppo per metamorfosi:

Comprendono tre ordini, due dei quali sono costituiti esclusivamente di forme parassitiche molto importanti.

Ordine delle Turbellarie: con forme libere, marine o d'acqua dolce; col corpo fogliaceo, ciliato, senza ventose. Per es. le note *Planarie* (su cui sono state fatte interessanti esperienze di frazionamento, seguito da rigenerazione dell'animale dalle singole parti).

Ordine dei Trematodi, anche fogliacei, ma con ventose (organi di attacco) e non con ciglia, secondo le esigenze della loro vita paras-

sitaria. Queste ventose danno buoni caratteri per la loro suddivisione in gruppi *(Monostomidi, Distomidi, Tristomidi, Polistomidi* ecc.)

Alcuni sono ectoparassiti o parassiti esterni (specialmente sulle branchie dei pesci), per es. i generi *Tristomum, Polystomum* ecc. (vedi fig. 181); e si distinguono anche per essere a sviluppo molto semplice (monogenetici). Altri, molto più importanti, sono endoparassiti o interni (nei diversi visceri degli animali e anche dell'uomo), e questi sono a metamorfosi molto complicate (digenetici). Tra le forme endoparassitiche dell'uomo citeremo il *Distoma epatico (Fasciola hepatica)*, lungo due o tre centimetri, che vive nei condotti biliari del fegato, più comunemente negli ovini e nei bovini: la figura 182 mostra le complicate fasi del suo sviluppo, il quale richiede, nel primo periodo, un ospite intermedio (una chiocciolina d'acqua dolce, *Limnaeus truncatulus)* Altro distomide, molto più piccolo, ma con abitudini identiche (vive pure nel fegato di ovini e di bovini, nonchè eccezionalmente nell'uomo) è il *Distomum lanceolatum ;* altro notevole è il *D. pulmonare* che cagiona gravi malattie dei polmoni nell'uomo (Ciappone, Formosa, Cina); e finalmente, interessantissima è la già menzionata *Bilharzia haematobia* dell'Egitto, (fi-

Fig 183. - *Taenia saginata* (parti di strobilio, impiccolite di una metà).

Fig. 184. - Scolice di *Taenia solium* (molto ingrandito).

Fig. 185. - Embrione di *Taenia solium* (molto ingrandito).

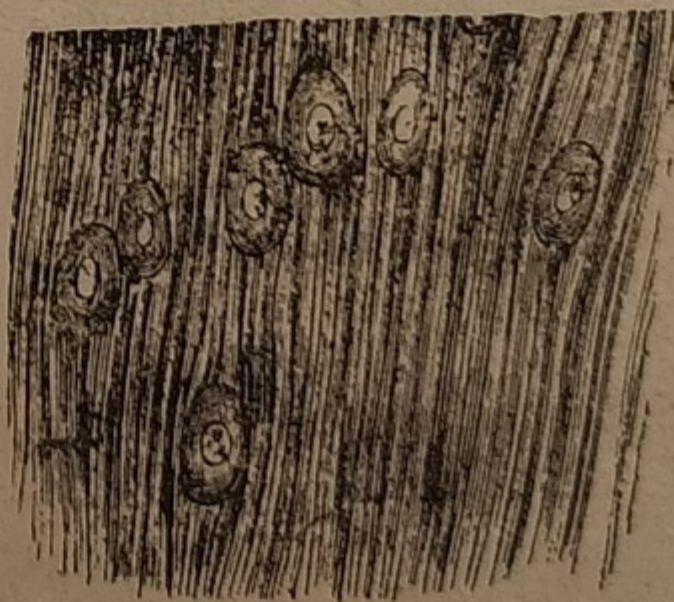



Fig. 186. - Cisticerchi di *T. solium* nei muscoli del maiale, a grand. natur.

gura 76), che vive nel sangue umano producendo pure caratteristiche

malattie locali. E' l'unico trematode a sessi separati, ma con l'unione permanente dei due sessi.

Ordine dei Cestodi: hanno il corpo nastriforme, diviso in tanti segmenti uguali (*proglottidi*), preceduti da uno diverso che ha l'aspetto di capo (*scolice*) ma che è invece un individuo speciale, agamo, che per gemmazione dà luogo a tutte le proglottidi, sessuate, ed ermafrodite (la catena complessiva delle proglottidi si chiama *strobilio*).

Fig. 187. - Cisticerco aperto e molto ingrandito.

Sono tutti parassiti interni e si sviluppano per complicate metamorfosi, cambiando di ospite. Tra le forme più notevoli, parassite dell'uomo, citeremo la *Taenia solium* (verme solitario in senso stretto) che ha lo scolice con quattro ventose e con una corona di uncini chitinosi (fig. 184); le sue proglottidi hanno gli sbocchi sessuali sui margini, e quelle terminali sono quasi trasformate in serbatoi di uova (come nella maggior parte delle tenie); le ramificazioni uterine in cui queste uova sono contenute, sono visibili per trasparenza nelle proglottidi compresse tra due vetrini (fig. 188 a sinistra). Dall'ovo esce un piccolo embrione uncinato (fig. 185), che per continuare il proprio sviluppo deve andare a finire nello stomaco di un maiale; quivi si porta per mezzo dei vasi sanguigni, nei muscoli, dove si accresce e si trasforma in *cisticerco* (i cisticerchi appaiono nella carne come vescicolette biancastre di *sei* o *sette* mm. di diametro massimo — fig. 186 — e la carne che ne è infetta si dice « panicata »). Ogni cisticerco mostra in sezione un piccolo scolice invaginato (figura 187). L'uomo, mangiando la carne di maiale panicata, immette nell'intestino i cisticerchi, che poi, scioltasi la cisti, si attaccano fortemente alla mucosa, e gemmano una dopo l'altra le numerose proglottidi (la *T. solium* bene sviluppata può superare il metro di lunghezza).

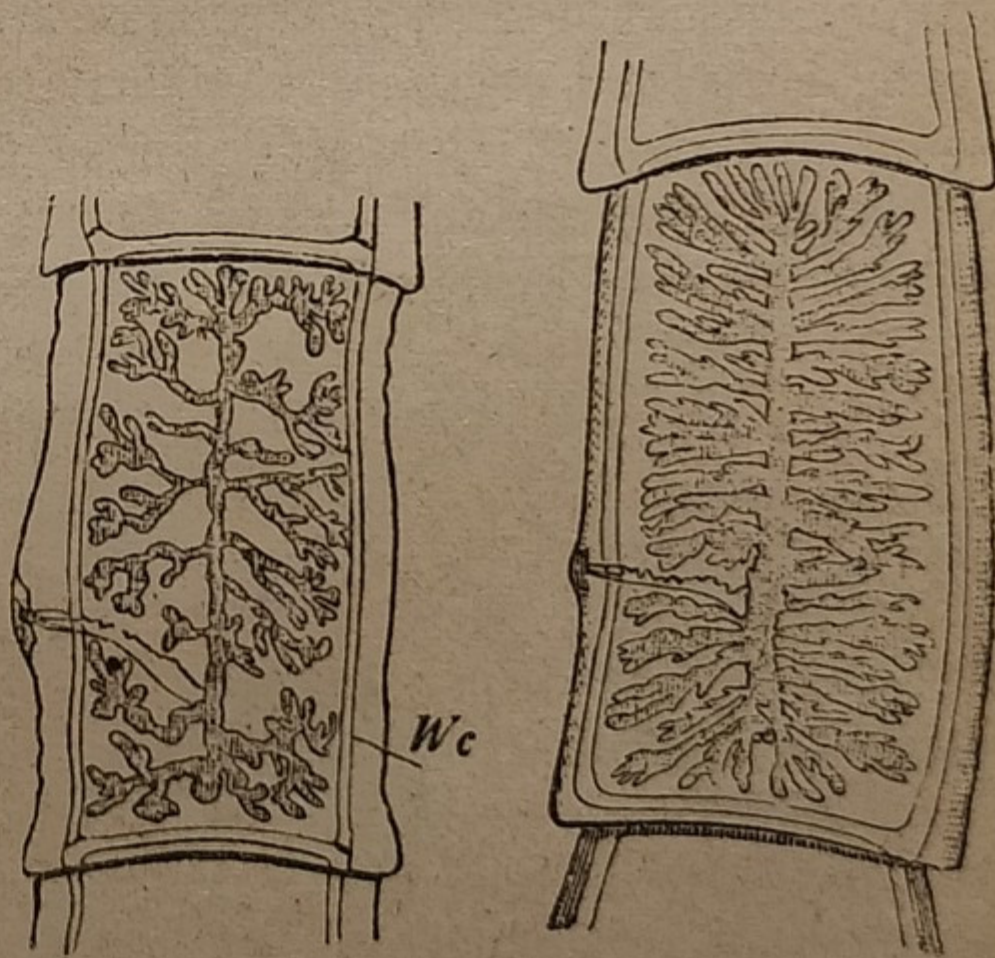



Fig. 188. - Proglottidi mature di *Taenia solium* (a sinistra) e di *T. saginata* (a destra); si noti il diverso sviluppo delle ramificazioni uterine.

Affine alla *T. solium* è la *T saginata* che entra pure nella denominazione generica di « verme solitario » e che i profani infatti confondono. Questa però si può facilmente distinguere sia perchè lo scolice è senza uncini (inerme), sia perchè le proglottidi mature hanno un maggior numero di ramificazioni uterine (v. fig. 188 a destra), sia finalmente perchè il suo ospite intermedio non è il maiale ma il bue (perciò è più frequente). Molto singolare è la piccolissima

Fig 189 - Tenia echinococco (*Echinococcifer Echinococcus*) molto ingrandita.

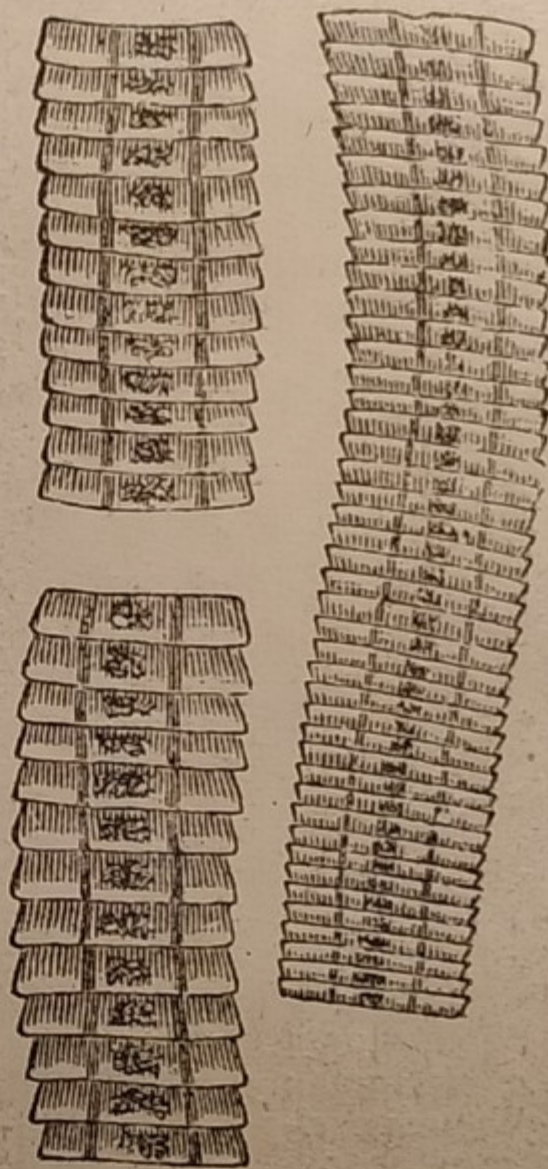



Fig 190 - *Bothriocephalus latus* (frammenti di strobilio).

(centm. 0,5) *Tenia echinococco* del cane, col corpo ridotto a poche proglottidi, di cui solo l'ultima ha gli organi riproduttori sviluppati (fig. 189); i suoi cisticerchi, detti semplicemente *echinococchi*, sono invece di grandi dimensioni (anche dieci o dodici cent di diametro) e vivono nel fegato, nei polmoni e in altri organi di diversi animali e spesso anche dell'uomo, producendo gravissimi danni; ogni cisti di echinonocco contiene molti scolici invaginati. Tra i cestodi parassiti dell'uomo citeremo finalmente il grande *Botriocefalo (Bothriocephalus latus)* la cui forma adulta può giungere a parecchi metri di lunghezza, e si distingue dalle tenie per avere lo scolice con due sole e piccole ventose lineari (dette *botrie*), e le proglottidi con gli organi riproduttori sboccanti nel centro invece che sui margini (fig. 190). Lo speciale cisticerco, allungato, vive nei pesci lacustri, ed è da questi che l'uomo s'infetta.

CLASSE DEI NEMERTINI. — Sono ancora vermi parenchimatosi, ma più elevati dei precedenti, perchè hanno l'intestino completo e l'apparecchio circolatorio sviluppato. Sono muniti anteriormente di una proboscide retrattile; hanno il corpo più o meno appiattito ed allungato (talora qualche metro), ma non diviso in segmenti. Sono quasi tutti liberi e marini, pochi d'acqua dolce, pochissimi parassiti. Citeremo per esempio il genere *Nemertes* (con specie parassite dei granchi) il gen. *Malacobdella* (parassita di molluschi bivalvi), il gen. *Cerebratulus*, (libero, molto diffuso).

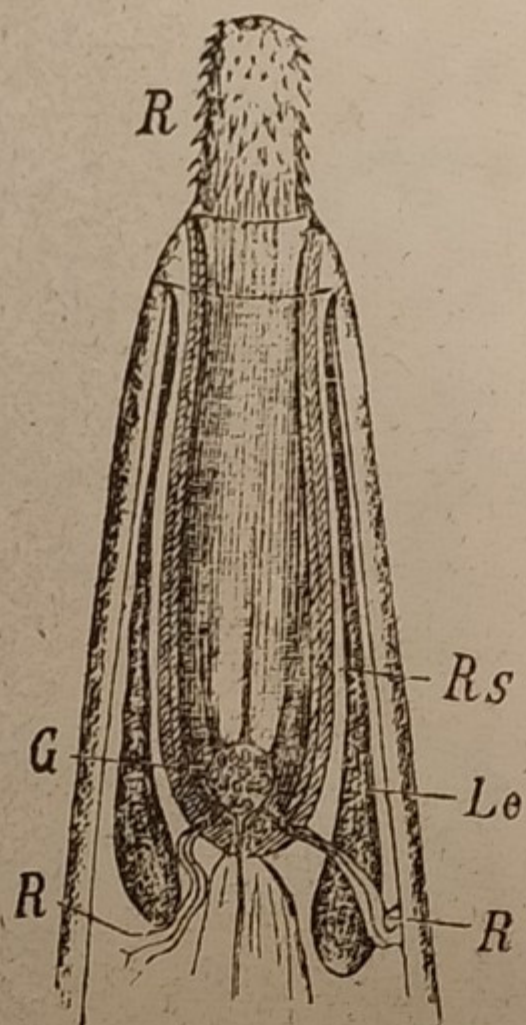



Fig. 191. - Estremità anteriore di un Echinorinco; R, proboscide uncinata; *Rs*, guaina della proboscide; G, ganglio nervoso.

CLASSE DEI NEMATELMINTI. — Sono vermi celomatici, col corpo cilindrico, non segmentato, privo di appendici laterali, ma con notevole strato muscolare sottocutaneo che permette agili movimenti flessuosi. Hanno intestino quasi sempre completo, sessi separati, e sviluppo diretto. Sono quasi tutti parassiti e si dividono in due sotto-classi: gli *Acantocefali* e i *Nematodi*.

Gli Acantocefali sono da interpretarsi come forme regredite per inveterato parassitismo; non hanno intestino, ed hanno anteriormente una caratteristica proboscide retrattile, provvista di numerosi uncini (serve all'animale per facilitare una forte adesione alla mucosa dell'intestino del suo ospite). Comprendono il noto genere *Echinorhynchus* con molte specie, di modeste dimen-

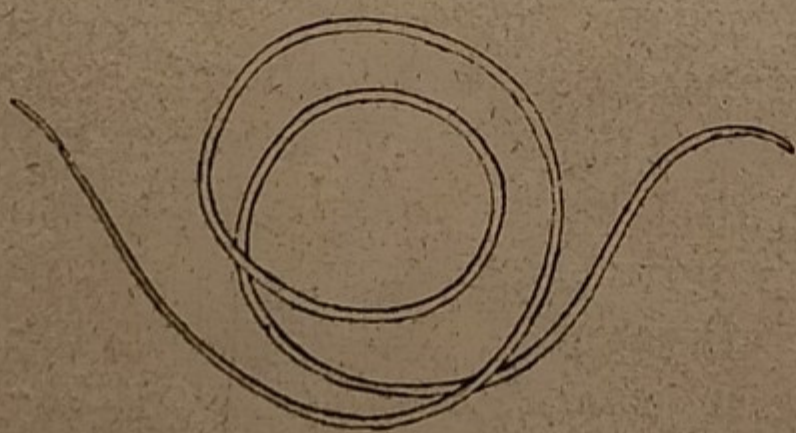



Fig. 192. - *Gordius aquaticus* (grand. naturale).

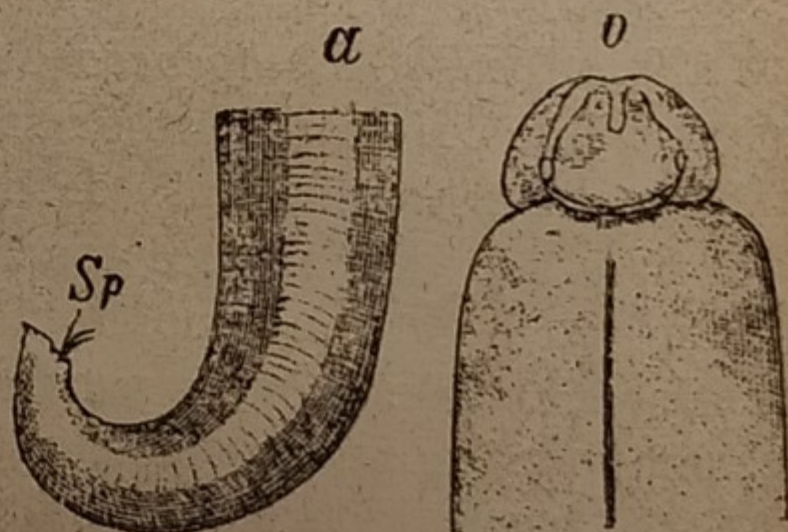



Fig. 193. - *Ascaris lumbricoides*; *o*, estremità anteriore con le tre labbra caratteristiche; *a*, estremità posteriore del maschio (figure alquanto ingrandite).

sioni (la specie maggiore. *E. gigas*, che vive nei maiali e nei cinghiali, raggiunge nella femmina, un pò più grossa, 25 o 30 cent.).

I Nematodi sono provvisti di intestino e non hanno proboscide all'estremità anteriore. Generalmente sono parassiti, ma presentano anche forme libere come i *Gordii* d'acqua dolce (figura 192). Fra i parassiti dell'uomo possiamo nominare il comune verme dei fanciulli, l'*Ascaris lumbricoides* (figura 193), le cui femmine notevolmente più grosse dei maschi, giungono anche a cm. 25 di lunghezza; può vivere in numero nell'intestino e cagionare notevoli disturbi, soprattutto nei bambini piccoli, a cui può provocare la soffocazione, rimontando per lo stomaco e per l'esofago nella cavità faringea. Un'altra specie notevolissima è l'*Anchilostoma duodenale (Uncinaria duodenalis)*, di piccole dimensioni (un centimetro o poco più), ma capace di gravi danni per la sua abitudine d'intaccare la mucosa dell'intestino e provocare delle emorraggie interne (fu caratteristica l'epidemia prodotta fra i minatori all'epoca del traforo del Gottardo). Ricorderemo anche la Trichina *(Trichina spiralis)* che è ancora più piccola (qualche millimetro) e tuttavia più dannosa, vivendo in grandissimo numero, nell'intestino e nei muscoli di molti mammiferi e dell'uomo stesso; più precisamente, allo stato larvale, sta incistata nei muscoli (invisibile ad occhio libero), e allo stato adulto passa nell'intestino, di cui può anche perforare le pareti. L'uomo la prende normalmente dalla carne di maiale (quasi sempre dai maiali americani); ed in Germania si ebbero gravi casi d'infezione, con

Fig. 195. - *Trichina spiralis* incistata nei muscoli di maiale (a forte ingrandimento).

Fig. 194. Anchilostoma duodenale (*Uncinaria duodenalis*) a sinistra il maschio, a destra la femmina, a forte ingrandimento.

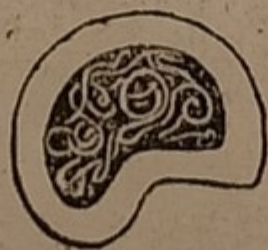



Fig. 196. - Sezione di un chicco di grano con dentro delle Anguillule (*Tylenchus tritici*).

vittime. Accenneremo finalmente alle *Filarie*, lunghissime e sottili (da cui il nome), che determinano ascessi sottocutanei, specialmente fra le popolazioni africane; e a qualche specie parassita di vegetali, come le piccole *Anguillule del frumento (Tylenchus tritici)*, le cui microscopiche larve invadono in grandissimo numero i grani del frumento. (fig. 196).

Fig. 197. - Tubi di Serpule (in uno si vede il verme in parte fuori con le branchie espanse).

CLASSE DEGLI ANELLIDI. — I vermi di questa classe hanno pure il corpo generalmente cilindrico, ma diviso in numerosi segmenti (anelli) in corrispondenza con una segmentazione, ossia con una ripetizione lineare *(metameria)*, degli organi interni. Sono i più elevati di tutti i vermi, soprattutto per lo sviluppo notevole del sistema nervoso

Fig. 198. - Nereide molto ingrandita (*Heteronereis*). Si noti il diverso aspetto delle due metà.

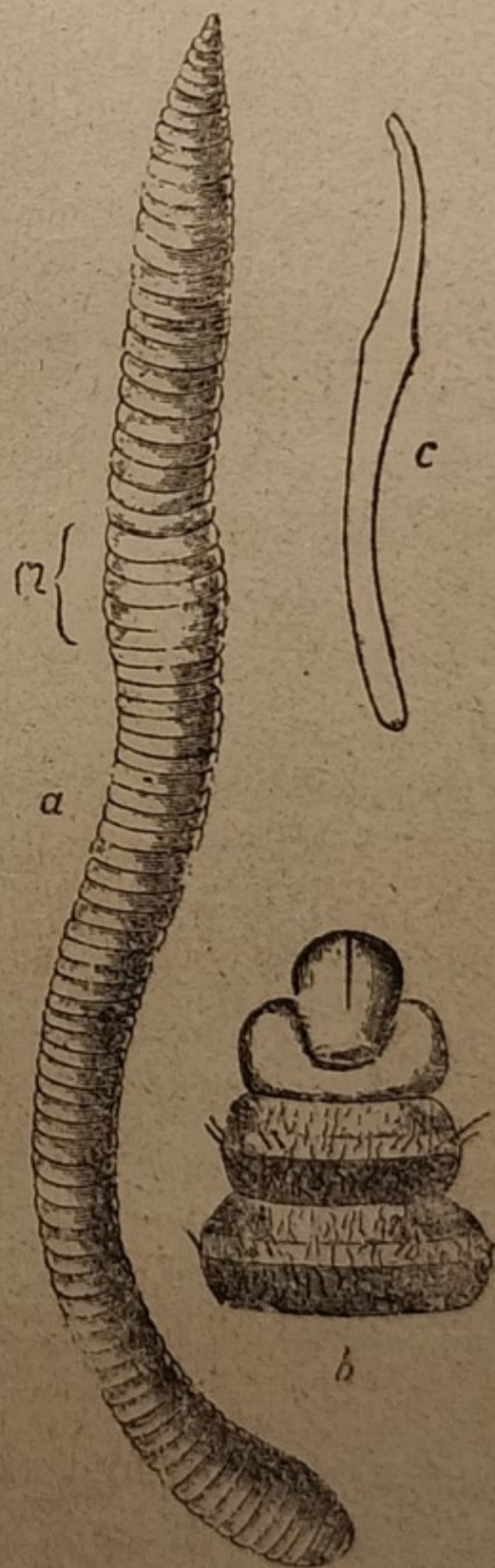



Fig. 199. - Lombrico comune (*Lumbricus agricola*); *a*, animale completo leggermente impiccolito; (*cl.*, clitello, ossia zona ghiandolare della pelle); *b*, estremità anteriore notevolmente ingrandita; *c*, setola molto ingrandita.

(v. fig. 156), degli organi di senso, degli organi renali (o *segmentali;* vedi fig. 74).

Sono quasi tutti liberi e in gran maggioranza marini, ma comprendono anche dei piccoli gruppi d'acqua dolce e terrestri, nonchè qualche forma parassitica. Si dividono in due sottoclassi molto ben distinte; quella dei *Chetopodi* e quella degli *Irudinei*.

I **Chetopodi** hanno setole superficiali più o meno visibili e una segmentazione esterna corrispondente a quella interna; spesso hanno appendici laterali non articolate, dette *parapodi.* Citeremo tra le forme marine l'*Aphrodite aculeata,* col corpo relativamente massiccio e coperto di un vero feltro di setole iridescenti; l'*Eunice gigantea,* che può arrivare a poco meno di un metro di lunghezza; le varie specie di *Serpule,* che danno luogo a tubi calcarei (fig. 197); l'*Arenicola piscatorum,* che serve da esca ai pescatori, e fabbrica, cementando la sabbia, delle specie di polipai (v. fig. 69); le *Nereidi* in genere e le *Heteronereis* in particolare, che subiscono complicate trasformazioni (avendo il corpo uniforme allo stato giovanile, e diviso invece in due distinte regioni allo stato adulto. — v. fig. 198). Fra le forme di acqua dolce citeremo le piccolissime *Naiadi,* trasparenti, con pochi anelli senza parapodi; e fra le forme adattatesi alla vita terrestre citeremo il comunissìmo lombrico (*Lumbricus agricola*) che vive in gallerie sotterranee e si considera in certo modo come un fertilizzatore del suolo: è lungo in media 12-15 centm., di color bruno rossiccio, con minutissime setole, ma senza parapodi; è ermafrodita insufficiente (v. fig. 199).

Fig. 200. - Sanguisuga (*Hirudo medicinalis*: A, dalla parte dorsale; B, dalla parte ventrale.

Gli **Irudinei** sono privi di setole e di parapodi; hanno anelli del corpo molto più numerosi che non le segmentazioni degli organi interni; e soprattutto hanno la visibile caratteristica di presentare ventose alle estremità del corpo. La specie più nota è la comune

Sanguisuga (Hirudo medicinalis d'acqua dolce; v. fig. 200 e anche 54); ma vi sono molte altre specie, tra cui alcune parassite (per es. la *Branchiobdella astaci,* sui gamberi).

Tipo dei Vermoidi.

Comprende forme il cui posto sistematico è tuttora incertissimo, ma che hanno le maggiori affinità coi vermi, non ostante l'aspetto esteriore assai divergente che li ha fatti avvicinare, in passato, a tipi diversi. L'affinità coi vermi viene rilevata soprattutto dallo studio del loro sviluppo; le varie classi hanno per altro caratteri distintivi notevolissimi, e si deve ritenere perciò che subiranno in avvenire sensibili spostamenti nella classificazione (1). Qui non si farà cenno che delle classi principali.

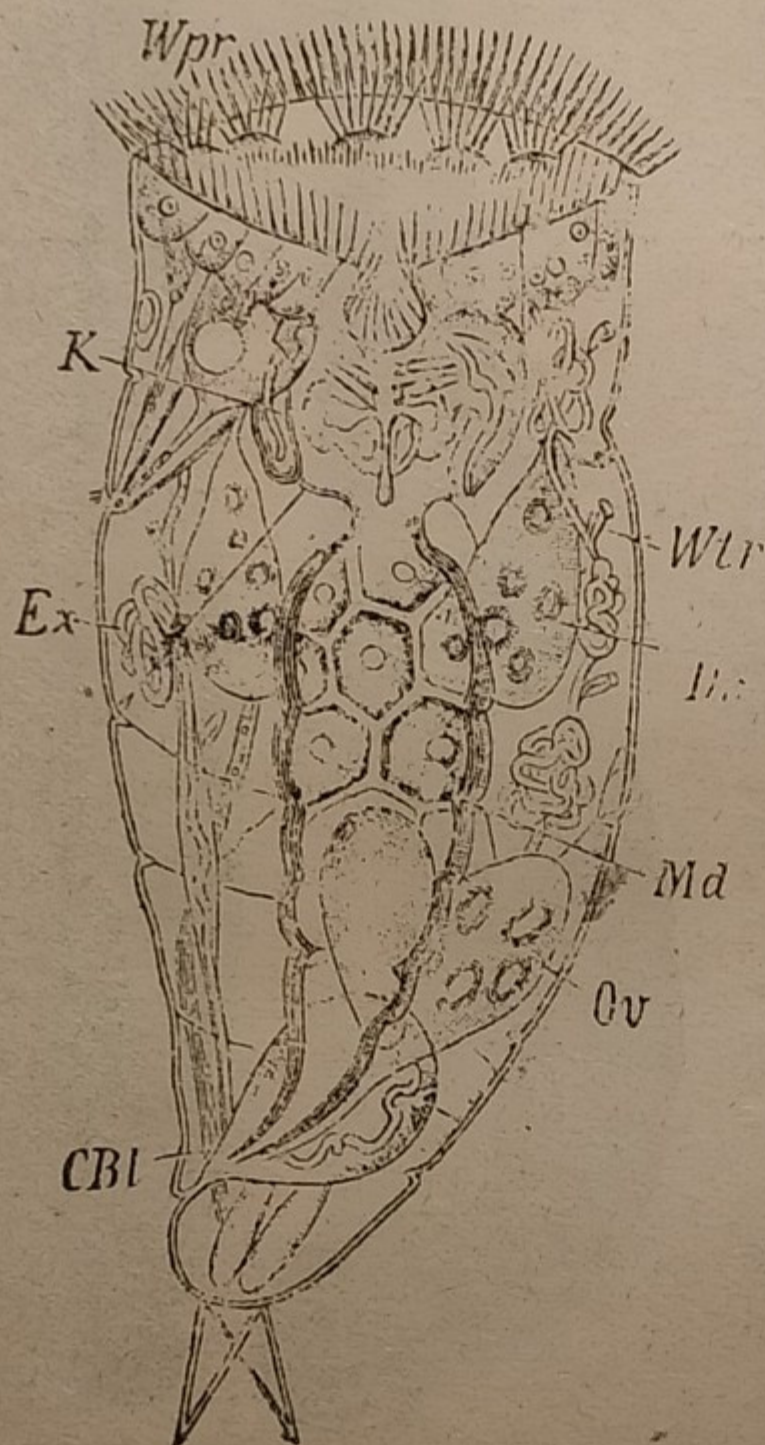



Fig. 201. - Un rotifero (*Hidatina senta*, femmina) a fortissimo ingrandimento; *Wpr*, ruota di ciglia; *Ex* tubi escretori, coi loro sbocchi in *Wtr*; *Md*, intestino; *Ov*, ovario (dal Claus)

CLASSE DEI ROTIFERI. — Forme microscopiche confuse un tempo coi Protozoi, ma che hanno quasi tutti i sistemi organici bene sviluppati e sono a sessi distinti. Sono specialmente caratterizzati da un'appendice discoidale situata nella parte anteriore del corpo e provvista di una corona di ciglia vibratili che, quando sono in moto, danno l'impressione di una ruota girante (da cui il nome). Sono tutti acquatici e per lo più d'acqua dolce. Possiamo citare l'*Hydatina senta* (v. fig. 201) e il *Rotifer vulgaris* tra le forme più tipiche d'acqua dolce; la *Trochosphoera aequatorialis* tra le marine (questa è tondeggiante ed assomiglia alle larve degli Anellidi); l'*Albertia vermiculus* tra le forme parassitiche (nella cavità del corpo dei Lombrici).

---

(1) Il tipo dei **Vermoidi** istituito anni addietro dal prof. Delage dell'Università di Parigi, va interpretato in sostanza come una soluzione *provvisoria* del problema sistematico di questi gruppi.

CLASSE DEI BRIOZOI. — Forme coloniali che ricordano gli Antozoi, sia per i loro piccoli polipai calcari più o meno ramificati o reticolati, sia per la forma polipoide dei singoli individui, ma l'or-

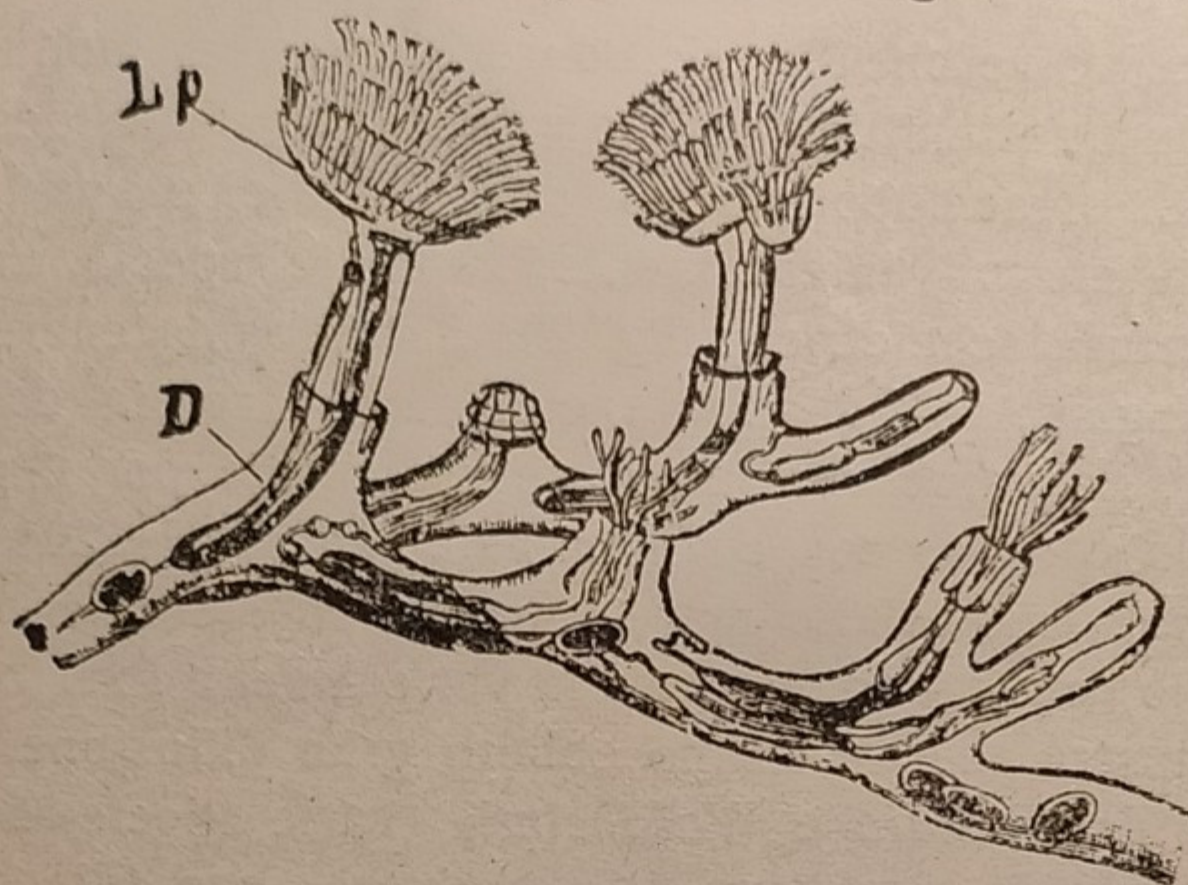



Fig. 202. - Briozoi, frammento di polipaio (*Plumatella repens*); D, tubo digerente; *Lp*, lofoforo (corona di tentacoli).

ganizzazione è molto più elevata. L'intestino si ripiega su sè stesso per venir a sboccare poco lungi dalla bocca, che si apre in mezzo

Fig. 203. - Valva dorsale di un Brachiopodo (*Waldheimia australis*) con apparecchio scheletrico di sostegno alle braccia.

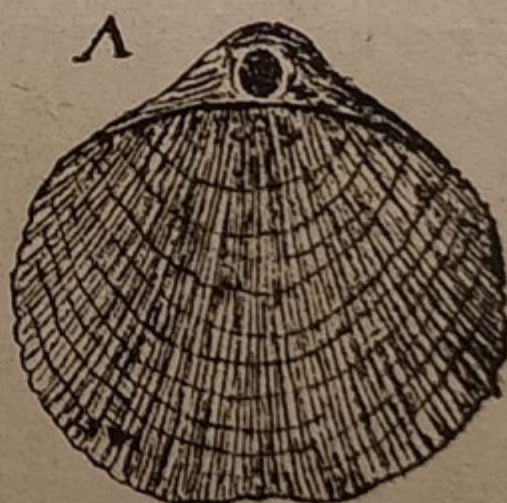



Fig. 204. - Valva ventrale di altro Brachiopodo (*Terebratula chilensis*) con il foro per il passaggio del peduncolo.

ad una corona di tentacoli. Sono di solito marini, e traggono il loro nome dalla forma a piccolissimo cespuglio che hanno i loro polipai, per cui ricordano i muschi (Briofiti) tra i vegetali.

Esempi: *Plumatella repens* (fig. 202), d'acqua dolce, con derma-

scheletro tubulare ramificato; *Retepora cellulosa,* marina, con dermascheletro reticolato.

CLASSE DEI BRACHIOPODI. — Corpo racchiuso in una conchiglia calcare a due valve che fa ricordare quella dei molluschi bivalvi, ma mentre in questi ultimi le due valve sono una a destra e l'altra a sinistra, nei Brachiopodi sono una dorsale e una ventrale. La valva dorsale mostra internamente, in molte specie, una caratteristica impalcatura scheletrica (fig. 203), atta a sostenere due lunghi tentacoli frangiati, volti a spirale, e chiamati *braccia* (da cui il nome della classe). La valva ventrale è spesso forata per il passaggio di un peduncolo carnoso con cui l'animale si fissa (fig. 204). Sono tutte forme marine, anzi d'alto mare. Attualmente formano un gruppo molto piccolo, ma l'abbondanza e la varietà delle loro conchiglie tra i fossili dimostra che un tempo ebbero gran diffusione.

Esempi: *Terebratula* e *Waldheimia* (varie specie) con apparecchio scheletrico di sostegno alle braccia e con foro di passaggio per il peduncolo; *Lingula,* senza apparecchio scheletrico, e senza foro per il peduncolo (che passa tra una valva e l'altra); *Crania*. (senza peduncolo affatto)

Tipo degli Echinodermi.

Hanno come più appariscente caratteristica una simmetria raggiata (poichè il corpo non appare divisibile in due parti uguali come

Fig. 205. - Larva di Echinoderma (si noti la simmetria bilaterale).

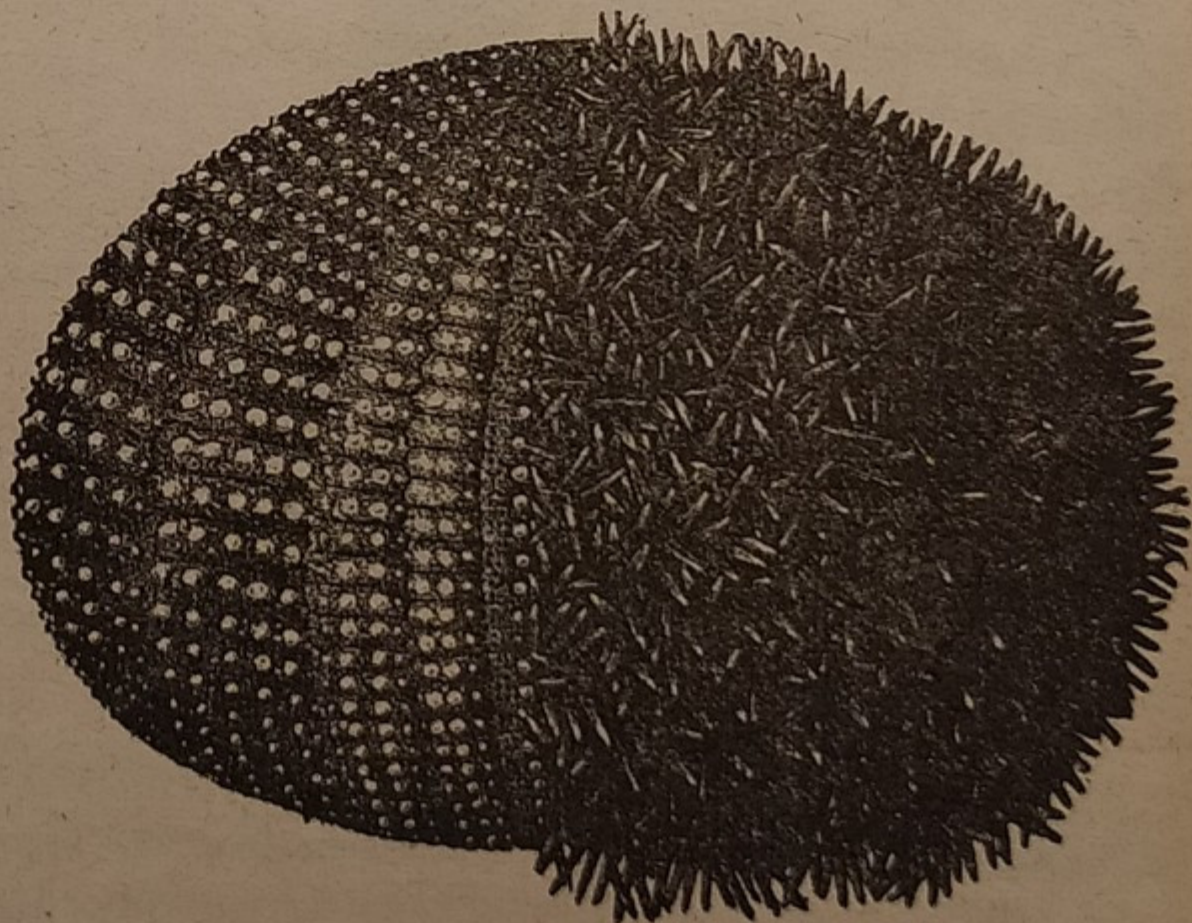



Fig. 206. - Riccio di mare (a sinistra sono stati tolti gli aculei per lasciar vedere le piastre del dermascheletro).

in tutti i tipi a simmetria bilaterale, ma in un certo numero di parti uguali — per lo più cinque — distribuite come raggi intorno ad un

centro); tuttavia, per il fatto che le loro larve (v. fig. 205) sono perfettamente bilaterali, e che anche le forme adulte mostrano nella

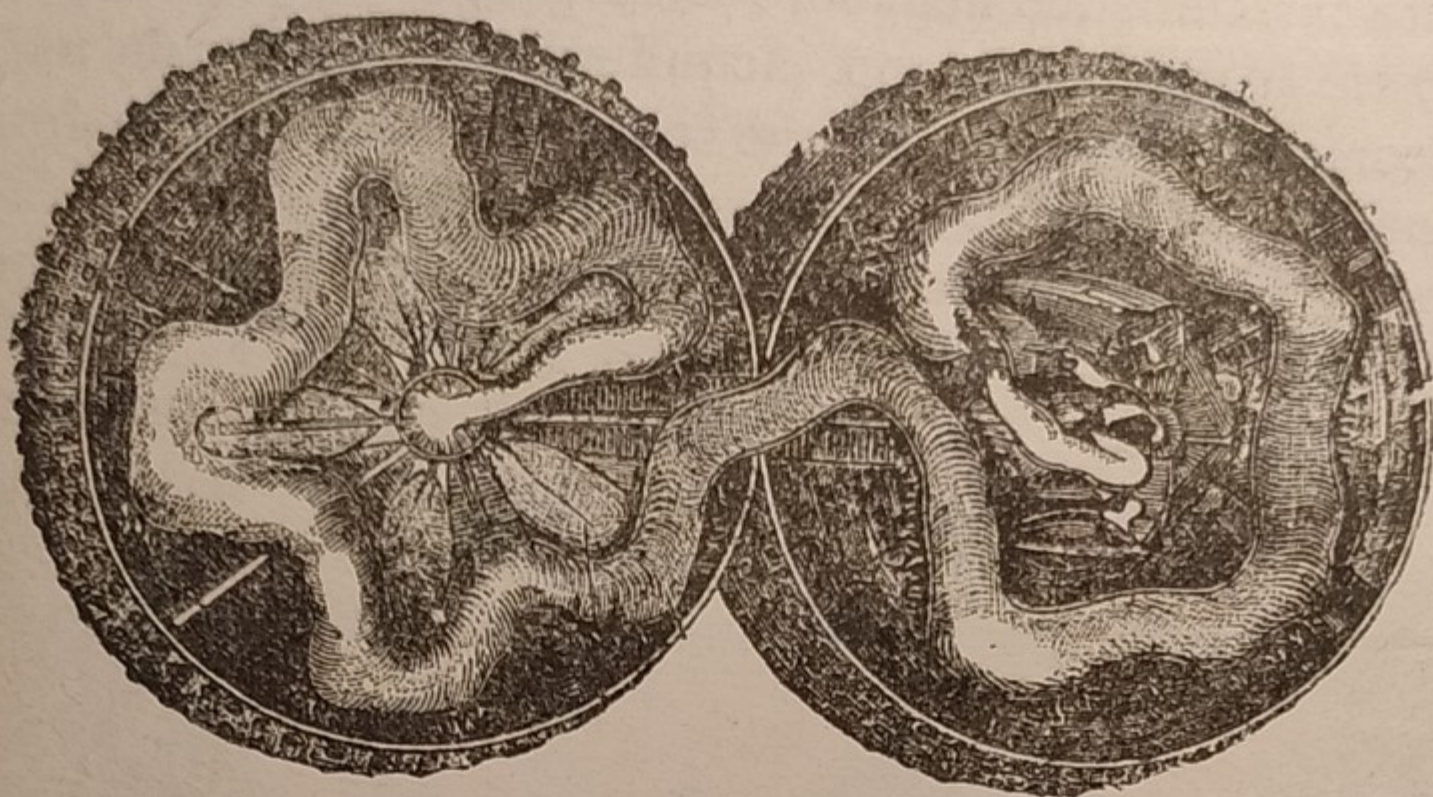



Fig. 207. - Riccio di mare aperto (per vedere la disposizione radiale dell'intestino e degli organi riproduttori.

disposizione di alcuni organi che non tutti i raggi si corrispondono, non si dà oggi grande importanza a questa simmetria raggiata che

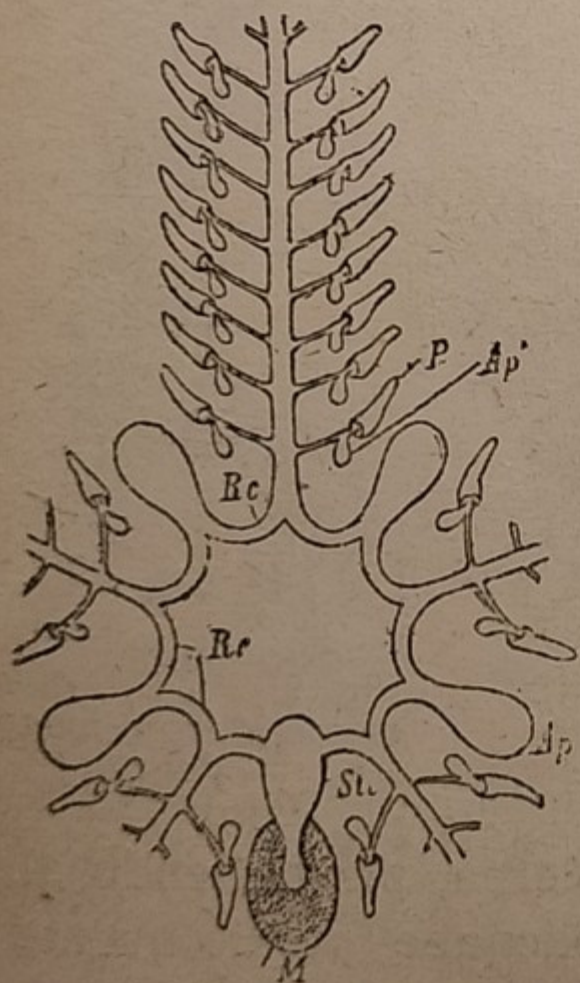



Fig. 208. - Sistema ambulacrale di una stella di mare (uno dei 5 raggi è più particolarmente sviluppato); P, pedicelli; *Ap*, vescicole pulsanti; *Rc*, canale circolare; M. piastra cribrata in cui sbocca il sistema all'esterno.

Fig. 209. - Oloturia (*Cucumaria*) con tentacoli arborescenti, e pedicelli ambulacrali in linee longitudinali.

non si considera come originaria. Presentano quasi tutti un dermascheletro calcareo fatto di molti pezzi regolari, saldati insieme in modo da costituire un guscio completo, spesso con appendici appuntite (v. figura 206). Organi interni bene sviluppati che, salvo le accennate eccezioni, si dispongono a simmetria raggiata (v. fig. 207);

intestino completo, sessi separati, sviluppo per larve bilaterali (che furono già interpretate come specie adulte distinte). Presentano, di veramente caratteristico nella loro anatomia, un singolare apparecchio *ambulacrale* (detto anche app. acquifero), costituito da un sistema di vasi comunicanti con l'esterno per mezzo di piccoli fori riuniti sopra una speciale piastretta del dermascheletro.

L'acqua esterna (poichè sono tutte forme marine) penetra nei canali ed è messa in movimento dalla pulsazione di speciali vescicole che sono lungo il loro percorso (fig. 208); da un canale centrale circolare si diramano radialmente cinque canali secondarii che danno luogo a tante piccole appendici a fondo cieco, uscenti dal dermascheletro per appositi forellini, e capaci di estendersi o di rac-

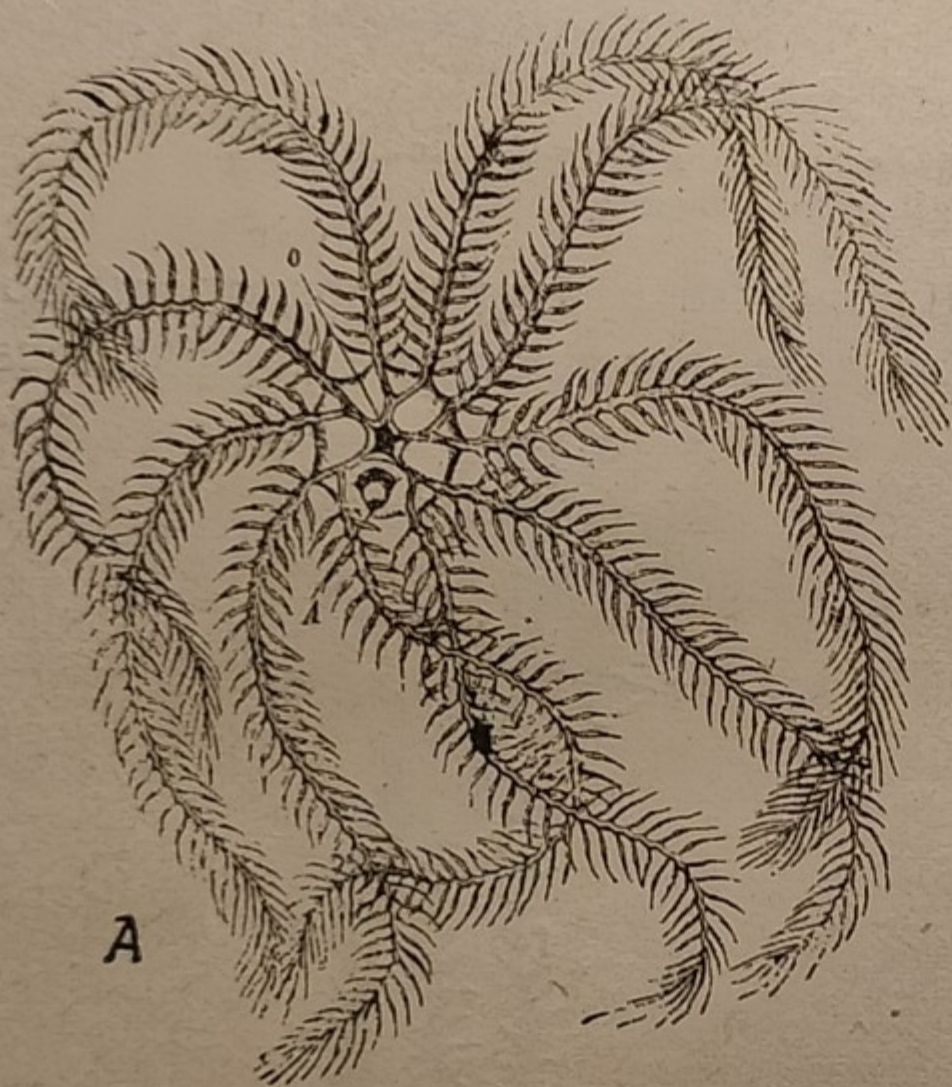



Fig. 210. - A, *Comatula mediterranea* adulta. vista dal lato ventrale; *o*, bocca; A, apertura aborale.

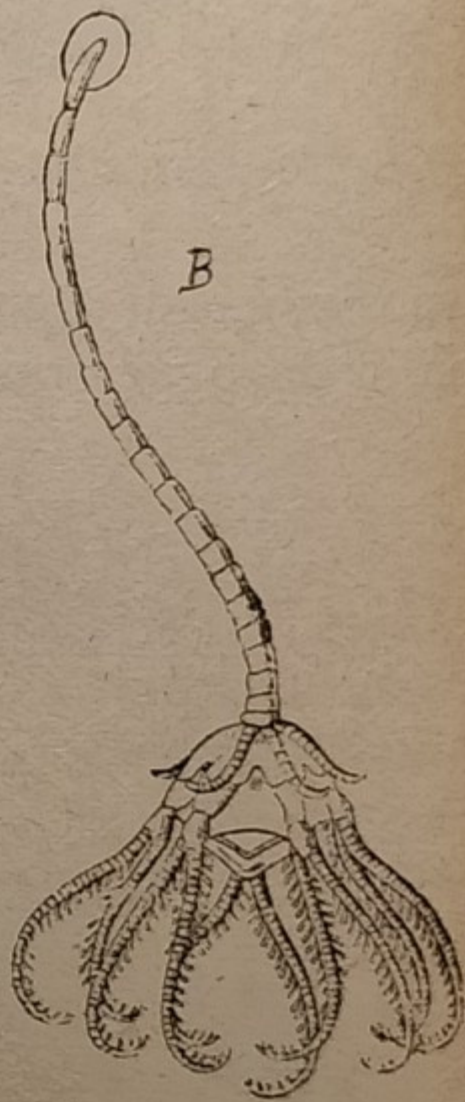



Fig. 210 - B, *Comatula* giovane, con lungo peduncolo

corciarsi, secondo la spinta dell'acqua interna, permettendo all'animale lievi spostamenti sulle superficie subacquee (perciò queste piccole appendici si chiamano *pedicelli ambulacrali* (— v. fig. 208 p.).

Gli Echinodermi si dividono nelle quattro classi seguenti:

CLASSE DEGLI OLOTUROIDI. — Con corpo cilindrico più o meno allungato, e quindi con aspetto bilaterale. Il dermascheletro è ridotto a tanti piccoli corpuscoli calcari disseminati per la pelle, che acquista soltanto consistenza coriacea. Organi respiratorii speciali detti impropriamente polmoni. L'apparecchio ambulacrale è più o meno ridotto: talvolta si hanno dei pedicelli in parecchie serie longitudinali da un estremo all'altro del corpo, ma spesso questi mancano.

Esiste sempre però una corona di tentacoli attorno alla bocca, talora ramificati, che si possono interpretare come pedicelli trasformati (essendo in rapporto con canali acquiferi interni).

Esempi: *Holothuria* e *Cucumaria* (varie specie) provviste di pedicelli lungo il corpo; *Molpadia* e *Synapta*, senza pedicelli, e caratteristiche anche per il loro ermafroditismo.

CLASSE DEI CRINOIDI. — Corpo fatto a calice, dal cui fondo esce

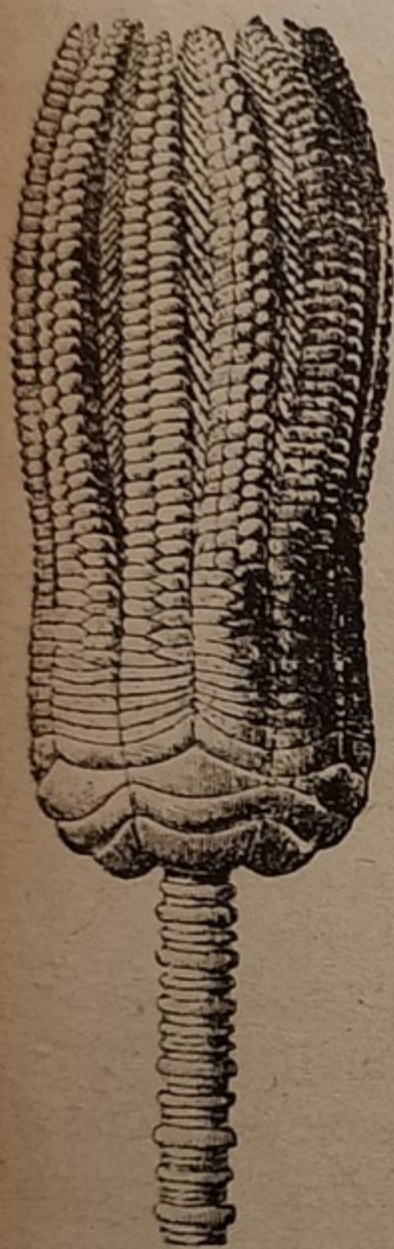



Fig 211. - Crinoide fossile (*Encrinus* del Trias).

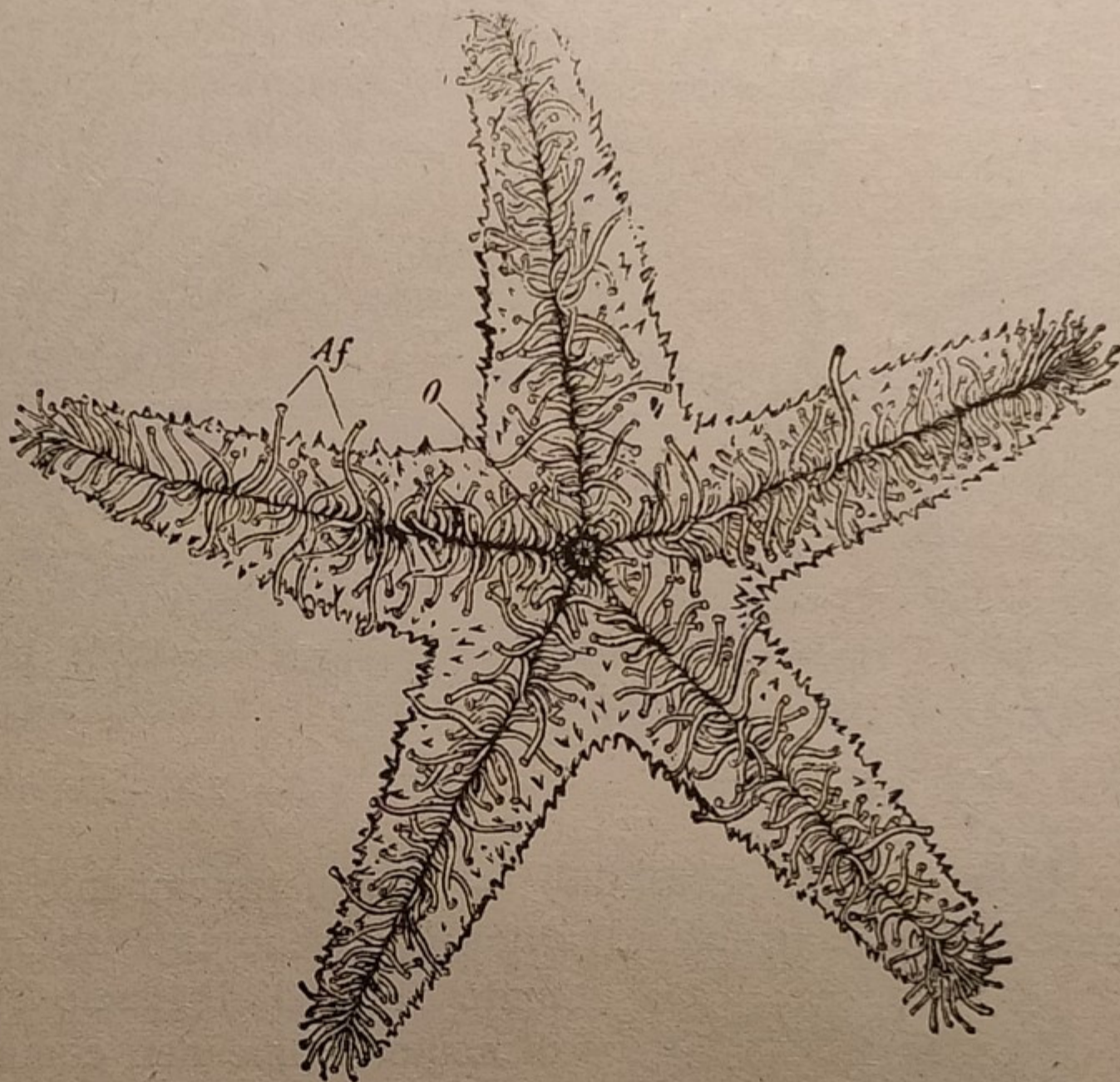



Fig. 212. - Stella di mare dal lato ventrale, coi pedicelli espansi; *o*, bocca; *Af*, pedicelli

un peduncolo col quale l'animale si fissa (talvolta allo stato giovanile soltanto, come nelle nostre *Comatule*, tal'altra anche allo stato adulto come nei *Pentacrini*); dall'orlo del calice si protendono in giro molte lunghe appendici pennate. Essendo il calice tutto chiuso dorsalmente da piastrine calcari, le due estremità del tubo digerente sboccano sul lato ventrale a breve distanza una dall'altra. Le forme viventi sono poche ma quelle fossili moltissime, e se ne conoscono anzi degli ordini interi, abbastanza divergenti da quelli attuali.

Es. *Comatula mediterranea*, *Pentacrinus Caput Medusae* (viventi); ordini dei *Cistidei* e dei *Blastoidei* (fossili).

CLASSE DEGLI ASTEROIDI. — Corpo appiattito, fatto a stella, per

lo più a cinque raggi uguali (talvolta sono più numerosi e anche disuguali). Gli organi interni si protendono anche nei singoli raggi. Alcune forme, come le *Ofiure,* (riunite da certi zoologi in una quinta classe) presentano i raggi lunghi, vermiformi, molto mobili.

Esempi : gen. *Asterias* con molte forme fra le più regolari : gen. *Asteriscus* con piccole forme a raggi brevissimi ; gen. *Ophiura* a raggi vermiformi, mobili, ma semplici ; gen. *Astrophyton* con raggi lunghi e ramificati.

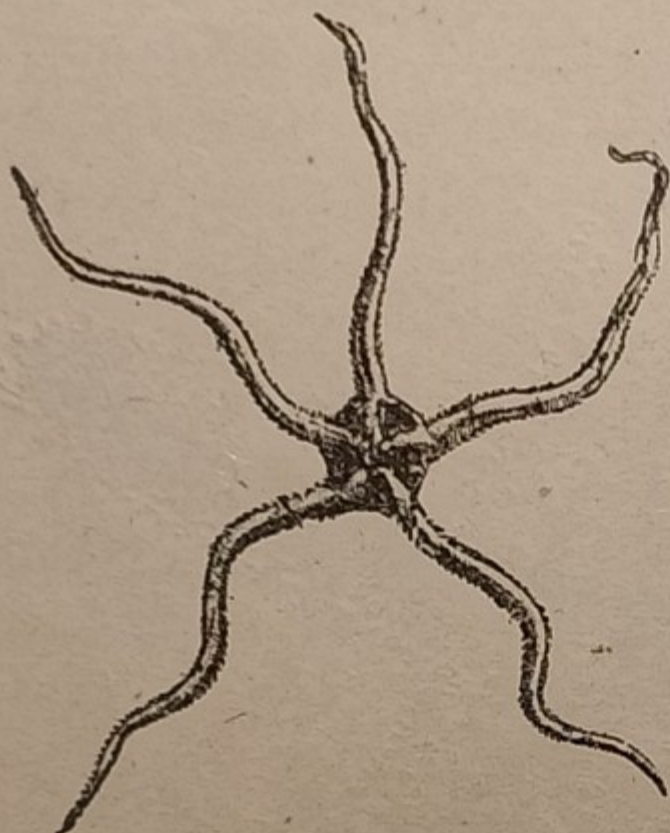



Fig. 213. - Ofiura.

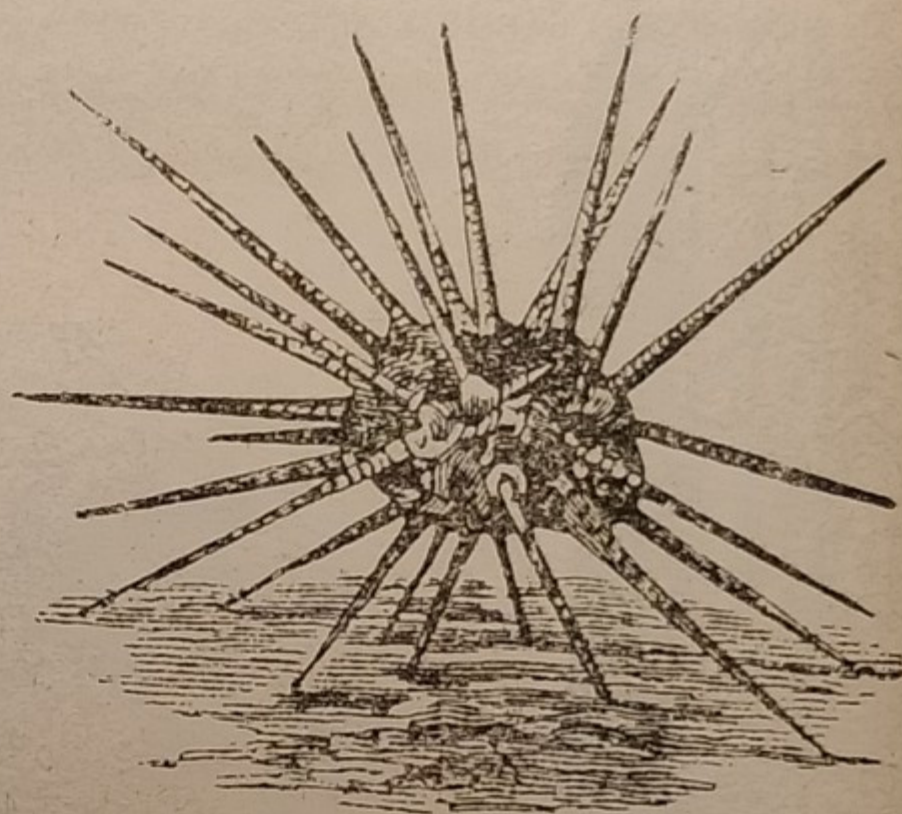



Fig. 214. - *Dorocidaris papillata.*

CLASSE DEGLI ECHINOIDI. — Corpo tipicamente globoso (vedi figura 206, e 214), ma talvolta più o meno appiattito e molto trasformato (fig. 215). Il guscio è spesso provvisto di aculei come nei comuni *ricci di mare* (il nome generale di *Echinoderma* trae appunto dalla presenza di aculei sulla pelle), oppure di grosse appendici a bastoncino come nel genere *Cidaris* (fig. 214), o invece di sottili peli come nel genere *Brissus*.

Fig. 215. - *Schizaster* (Ricci irregolari).

Fra gli organi interni è caratteristica la *lanterna di Aristotile* (apparecchio masticatore) di cui si è già parlato. — V. figura 47).

Esempi : gen. *Echinus, Toxopneustes, Strongylocentrotus* (quest'ultimo con specie comuni nostrane che si mangiano parzialmente), tutti a forme regolari e con aculei rigidi ed appuntiti ; gen. *Brissus, Cidaris* e affini, pure regolari ma con aculei trasformati ; gen *Clypeaster, Spatangus, Schizaster,* a forme più o meno depresse ed irregolari.

Tipo dei Molluschi.

I Molluschi hanno ancora in comune coi tipi inferiori il carattere di un'organizzazione eminentemente adatta alla vita acquatica; le poche forme terrestri (es. la *Chiocciola*) non sono certo originarie ma derivate da forme acquatiche precedenti. Hanno corpo molle, non segmentato, a simmetria bilaterale ma per lo più mascherata dalla disposizione asimmetrica della caratteristica *conchiglia* che quasi tutti posseggono. Sono provvisti di un organo speciale di movimento, costituito da una grossa appendice muscolare protesa verso la regione ventrale: è il tipico *piede*, sui caratteri del quale specialmente è basata la classificazione dei Molluschi. La superficie del corpo è anche protetta da una particolare duplicatura della pelle, che costituisce il *mantello*. Tutti gli apparecchi organici sono bene sviluppati; la respirazione è tipicamente branchiale, e il cosidetto « polmone » di alcuni Gasteropodi è un organo speciale di origine cutanea, che non ha nulla a che fare coi veri polmoni degli animali superiori. Si sviluppano passando per una tipica forma di larva ciliata che si chiama *veliger*. Distingueremo le classi degli *Anfineuri*, dei *Pelecipodi*, degli *Scafopodi*, dei *Gasteropodi*, dei *Cefalopodi*.

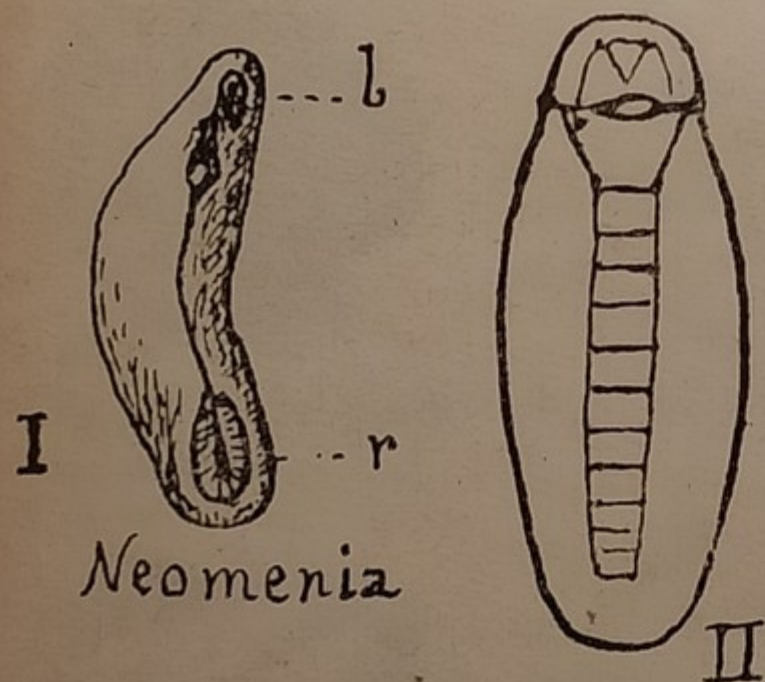



Fig. 216. - *Neomenia;* I, animale intero; (*b*, bocca; *r*, branchie) II, sistema nervoso.

Fig. 217. - *Chiton*.

CLASSE DEGLI ANFINEURI. — Si distinguono per una più evidente simmetria bilaterale e per un sistema nervoso che si allontana da quello tipico degli altri molluschi (v. fig. 154) per avvicinarsi piuttosto a quello degli anellidi (v. fig. 156 e 216); e sono infatti i molluschi più semplici e più antichi che lasciano scorgere la derivazione dal tipo dei vermi. Le forme più note hanno una conchiglia formata di otto pezzi calcari disposti in serie longitudinale; ma altre non hanno traccia di conchiglia che nel periodo embrionale. Piede orizzontale simile a quello dei Gasteropodi. Sono tutti marini: si può

accennare al genere *Chiton* con numerose specie abbastanza note, tutte provviste di conchiglia, e al genere *Neomenia* con forme piuttosto rare, prive di conchiglia e col mantello aperto in un lungo solco longitudinale ventrale (v. fig. 216).

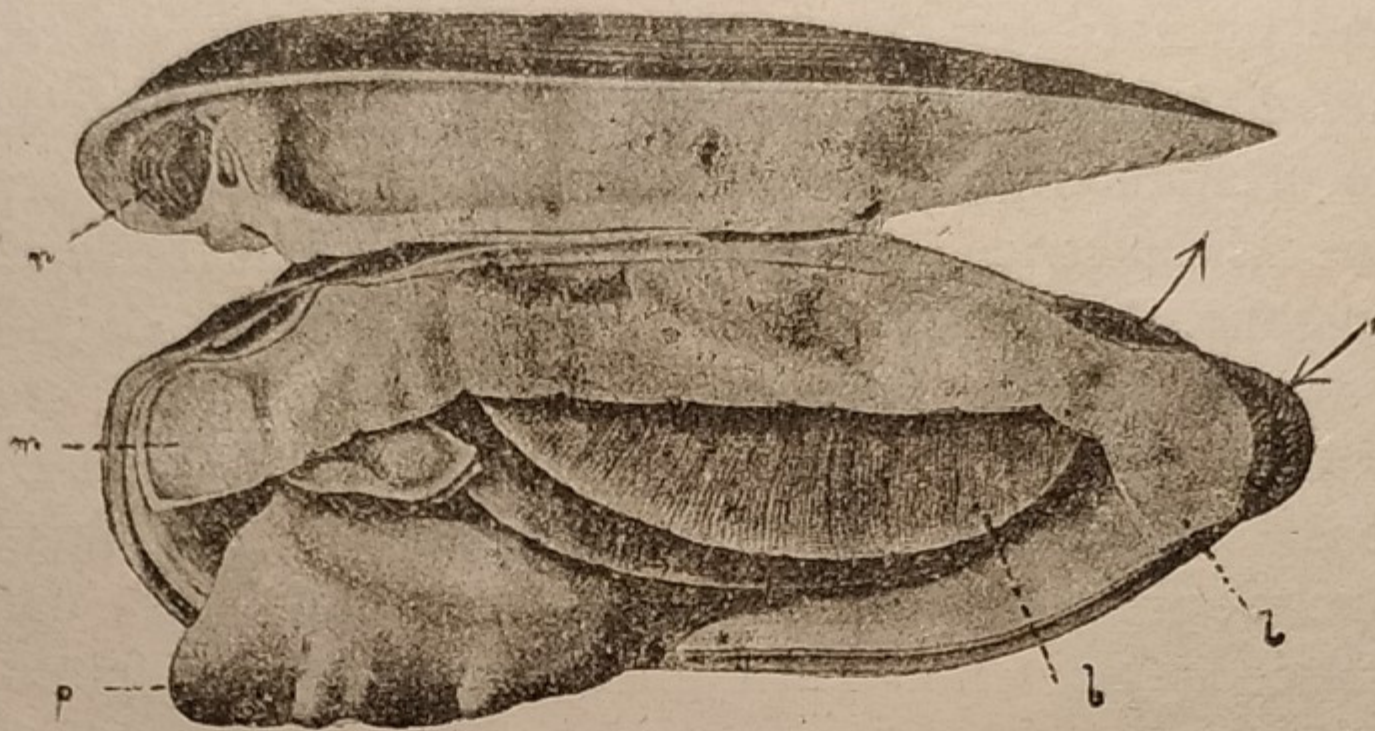



Fig. 218. - *Unio pictorum* (conchiglia aperta); *m*, muscolo sezionato; *n*, sua impressione sulla valva opposta della conchiglia; *b*, branchie; *l*, mantello; *p*, piede (Dalle tavole di Pfurtscheller).

CLASSE DEI PELECIPODI. — Il nome deriva dalla disposizione del piede che è sviluppato verticalmente con una forma che ricorda il

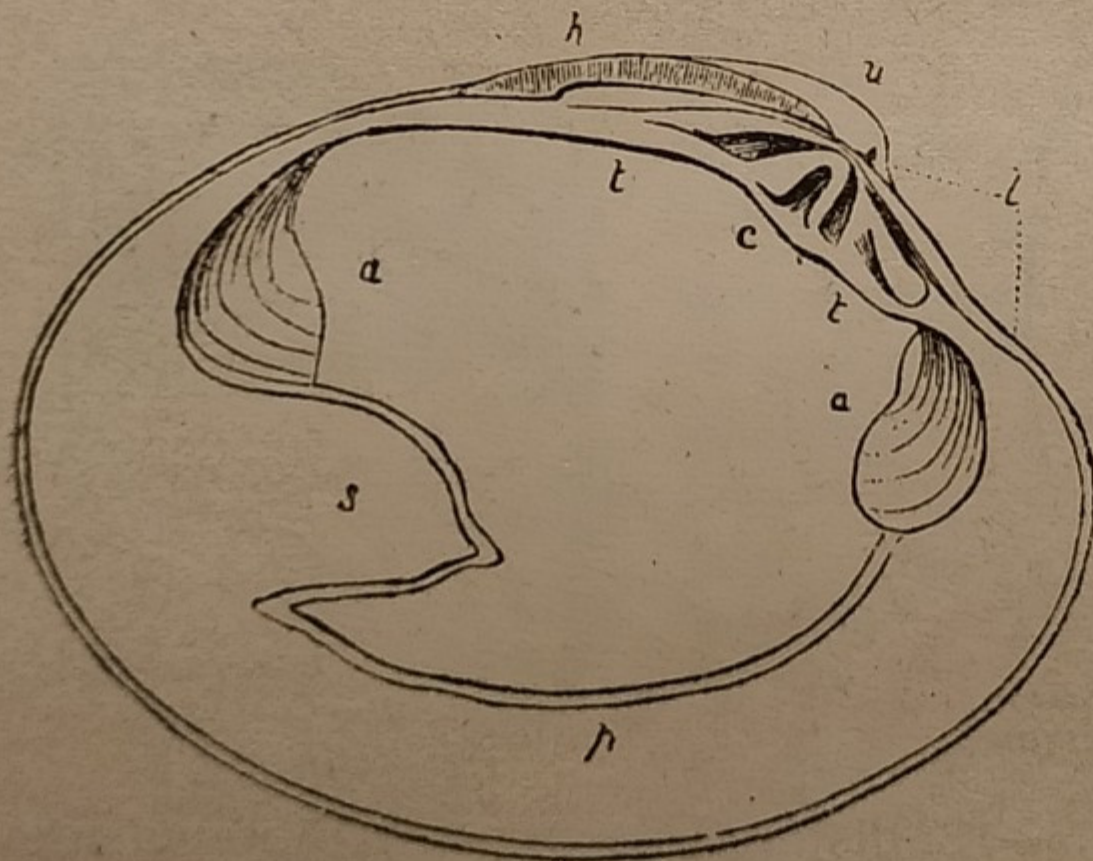



Fig. 219. - Valva isolata di Pelecipodo; *a*, impressioni muscolari; *ps*, impressione palleale (del mantello); *t*, *c*, *l*, cerniera.

Fig. 220. - *Pecten jacobaeus*.

Fig. 221. - *Lithodomus dàctylus*.

tagliente di una scure (fig. 218). Si chiamano più comunemente *Lamellibranchi*, ma con un nome poco proprio, perchè la forma lamellare delle branchie non è una loro prerogativa essendo comune a quasi tutti gli animali branchiati; sono anche detti *Acefali* perchè non hanno un capo distinto; e finalmente hanno il nome di *Bivalvi*

per la tipica conchiglia a due valve, una destra e l'altra sinistra. Le due valve, unite a cerniera, si possono aprire e chiudere per mezzo di potenti muscoli (uno o due), che lasciano sulla superficie interna delle valve una caratteristica impressione (fig. 219). Anche il mantello, formato di due lobi membranosi, lascia una visibile impronta dei suoi margini sulla superficie interna della conchiglia. Sono tutti acquatici e in grande maggioranza marini. Molti sono noti per le belle conchiglie (es. *Pecten*, *Tridacna* ecc.), altri sono ricercati perchè si mangiano (es. *Ostriche*, *Litodomi*, *Mitili*), altri perchè danno prodotti pregevoli come la madreperla e le perle (es. gen. *Meleagrina*). Alcuni hanno l'attitudine di forare le roccie mediante secrezioni acide (es. *Litodomi* e *Foladi*).

CLASSE DEGLI SCAFOPODI. — E' un ristretto gruppo di molluschi

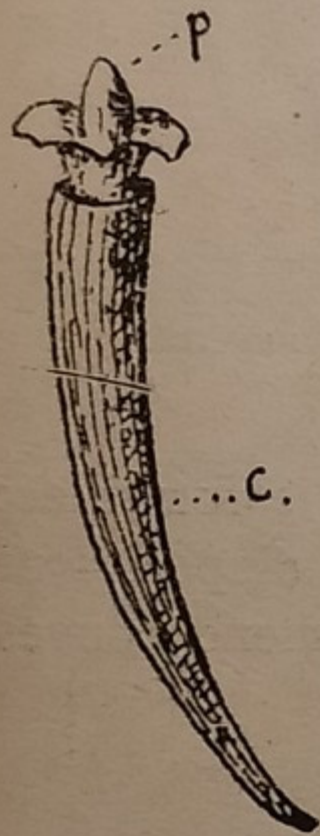



Fig. 222. - *Dentalium* (Scafopodi). L'animale fuoresce dalla conchiglia per il piede trilobo.

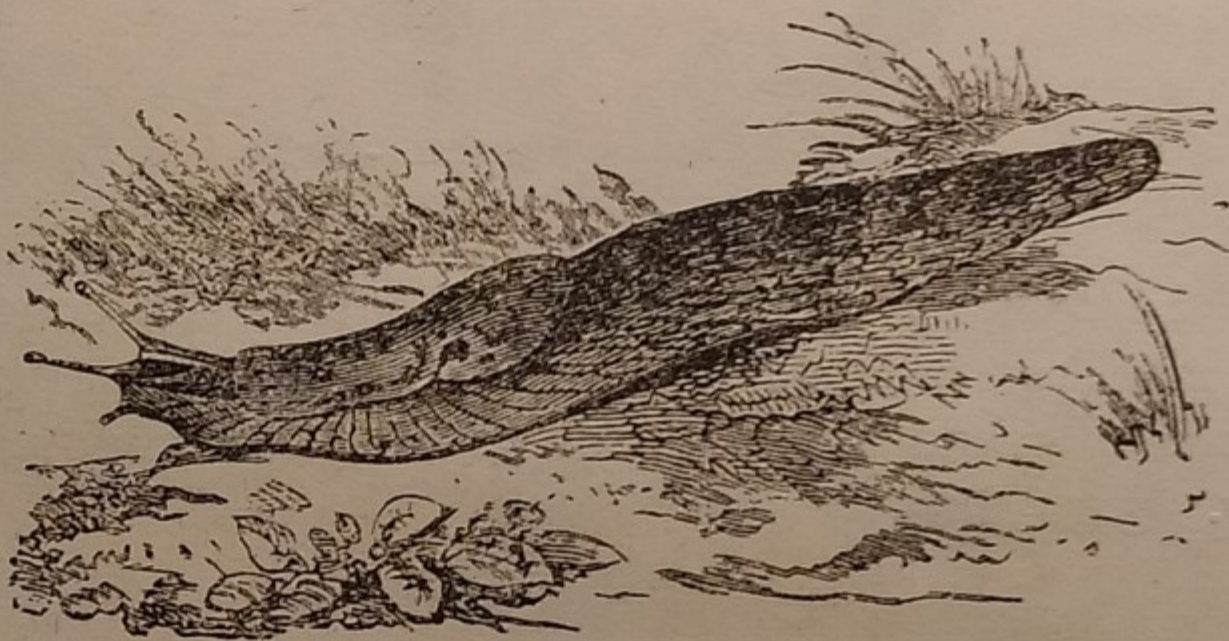



Fig. 223 - *Limax agrestis* (Limaccia comune). Gasteropodo con conchiglia rudimentale.

marini, con piccola conchiglia conica, ricurva, allungata, aperta alle due estremità (Fig 222), dalla maggiore delle quali può uscire il piede, che è trilobo (a tre lobi). Capo non distinto. Per es. il genere *Dentalium*.

CLASSE DEI GASTEROPODI. — Con capo distinto e piede sviluppato orizzontalmente come una larga suola ventrale. Conchiglia univalve, tipicamente a spirale, talvolta più o meno rudimentale e sottocutanea (es. *Limax*, v. fig. 223), oppure anche mancante del tutto (come nel gruppo degli *Eolidei*, v. fig. 224, ed in altri). Fra le numerosissime specie, molte hanno conchiglie eleganti per forma o per colore (specialmente nei generi *Cypraea*, *Conus*, *Oliva*, *Scalaria*, *Haliotis*, *Harpa*). In grandissima maggioranza sono marini, ma non

mancano forme d'acqua dolce (es. *Lymnaeus, Planorbis*), e terrestri (quasi tutto il gruppo dei cosidetti *polmonati*, fra cui la comunissima chiocciola, *Helix pomatia*, ed altre specie, *Limax agrestis* ecc.). Qualche specie dei generi *Purpura* e *Murex* è nota per la secrezione di liquidi coloranti (mediante ghiandole del mantello) di cui si fece molto uso in passato (porpora).

Fig. 224 - *Aeolis papillosa* (Gasteropodo senza conchiglia).

Fig. 225. - *Scalaria pretiosa*.

Fig. 226. - *Conus marmoreus*.

Le comunissime *Patelle* e le *Fissurelle* sono tra le forme eccezionali per la conchiglia che si scosta dalla tipica disposizione a spirale, avendo l'aspetto di un semplice scudo più o meno convesso (v. figura 229).

Fig. 227. - *Murex brandaris*.

Fig. 228. - *Helix pomatia*. (Chiocciola comune).

CLASSE DEI CEFALOPODI. — Comprende Molluschi ad organizzazione più elevata, talvolta di grandissime dimensioni (*piovre*). Una corona di grosse appendici mobili ma non articolate (braccia e ten-

tacoli), disposte intorno al capo, formano la più notevole caratteristica.

Fig. 229. - *Fissurella* (Conchiglia non a spirale, ma a forma di scudo con foro alla sommità).

Le braccia (non retrattiti) e i tentacoli (retrattili) sono provvisti di ventose variamente disposte. Fra la corona di queste appendici si apre la bocca munita di una specie di becco corneo nero (v. figura 46). Il capo sporge fuori dell'apertura di un largo sacco quasi tutto chiuso altrove, che è formato dal mantello; da questo sacco sporge anche un breve tubo conico (imbuto) da cui può uscire con forza l'acqua entrata sotto il mantello, e così l'animale può essere spinto indietro, cioè nuotare a ritroso.

Questo imbuto e le braccia specialmente (considerato il modo del loro sviluppo) rappresentano il *piede trasformato* di tali molluschi. Le braccia servono alla cattura del cibo, ma anche ad un moto di strisciamento sui fondi marini (v. fig. 231). Alcuni hanno una conchiglia esterna concamerata e a spirale, di cui l'animale occupa soltanto l'ultima camera, ossia la più esterna e più grande (*Nautilus* — fig. 232); altri una conchiglia rudimentale interna (*osso di Seppia, penna di Calamaro)*; ma generalmente sono privi di conchiglia. L'*Argonauta* (di cui abbiamo parlato a proposito del dimorfismo sessuale — fig. 82) ha una conchiglia speciale elegantissima, che è solo nella femmina e non è attaccata all'animale. Notevole è lo sviluppo del sistema nervoso, con un vero cervello sostenuto da una laminetta cartilaginea. Occhi simili a quelli dei Vertebrati. Tutti marini. Si dividono in due ordini: **Dibranchiati** (con due branchie), come il Polpo comune (*Octopus vulgaris*) e l'Argonauta (*Argonauta Argo*) che hanno solo le otto braccia, inoltre la

Fig. 230. - *Planorbis corneus* (Gasteropodo polmonato di acqua dolce).

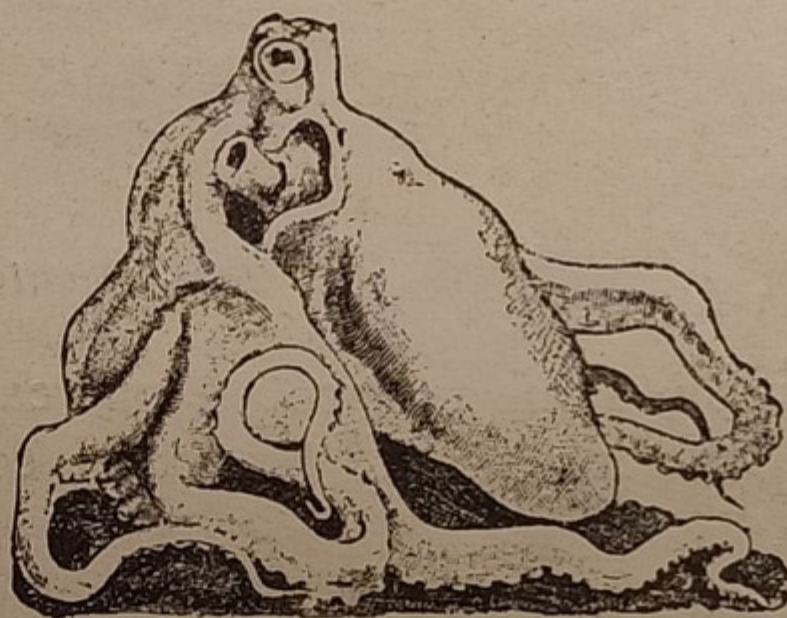



Fig. 231. - *Octopus vulgaris* (Polpo comune).

Seppia (*Sepia officinalis*) e il Calamaro (*Loligo vulgaris*) che hanno

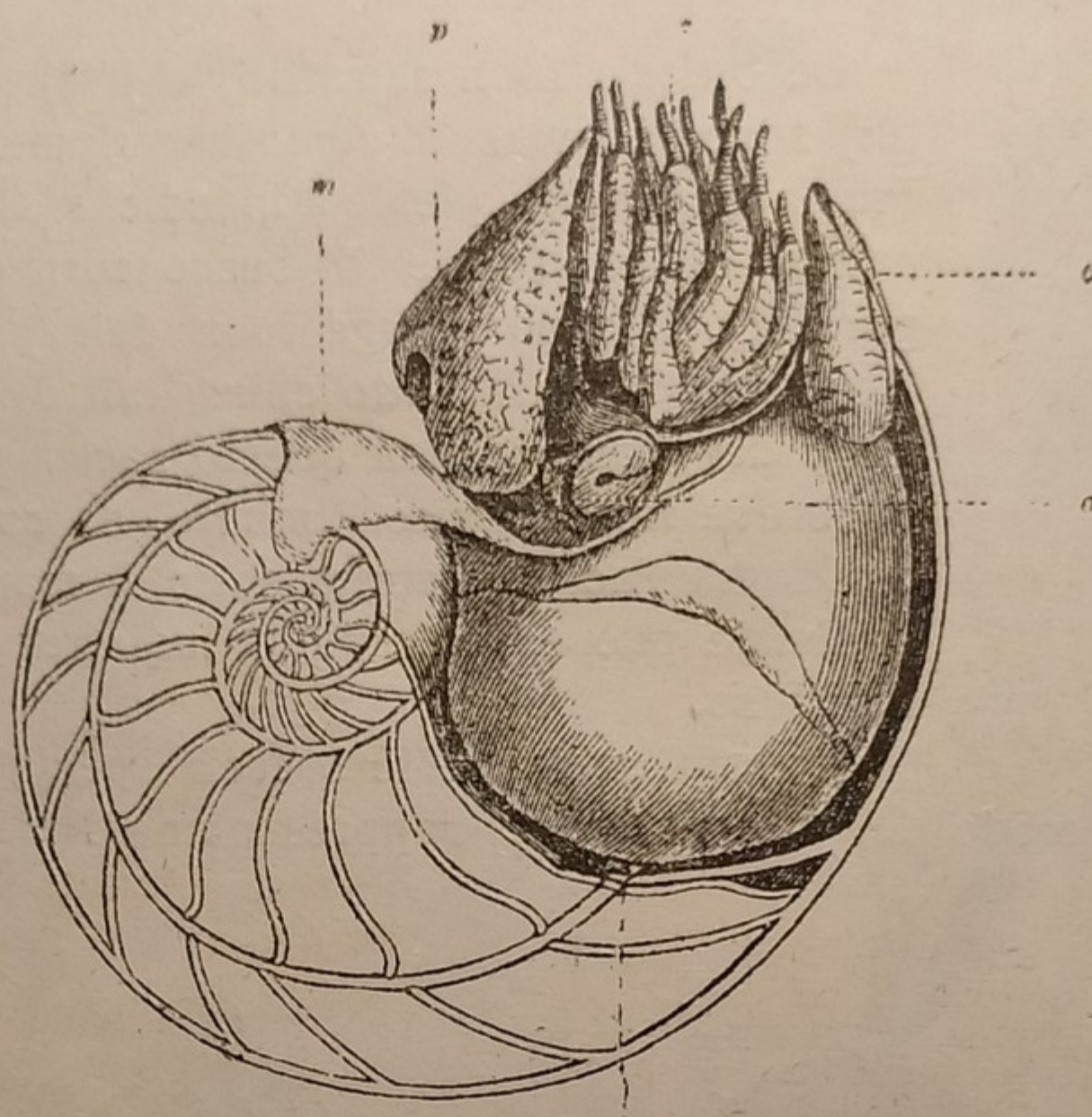



Fig. 232. - *Nautilus Pompilius* (in sezione).

in più i due tentacoli e una caratteristica *borsa del nero ;* **Tetrabranchiati** (con quattro branchie), come il *Nautilus pompilius* vivente, e

Fig. 233. - *Sepia officinalis* (Seppia comune).

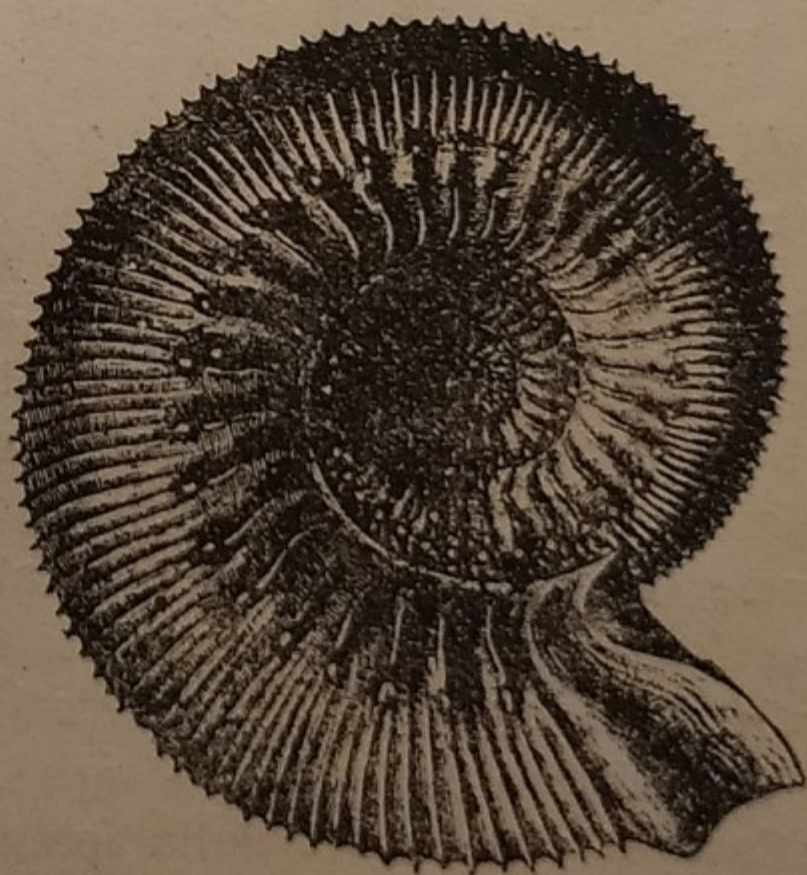



Fig. 234. - Ammonite (Cefalopodo fossile).

le *Ammoniti* notissimi fossili. Molti cefalopodi sono ricercati per la bontà delle loro carni.

Tipo degli Artropodi.

Forme con distinta simmetria bilaterale e con il corpo diviso in segmenti che tendono a fondersi per costituire distinte regioni del corpo. Appendici locomotorie fatte di articoli mobili, e perciò dette « arti », carattere, questo, che è in rapporto con un deciso adattamento alla vita terrestre, comune alla grande maggioranza. Corpo rivestito di una cuticola rigida, tipicamente chitinosa, ma che può anche ispessirsi per impregnazione di sali calcari. Comprendono numerosi gruppi, alcuni dei quali sono tuttora di un valore sistematico molto incerto. Nomineremo qui solo le classi principali, raggruppandole in due sottotipi, distinti specialmente per il diverso modo di respirazione: quello dei *Branchiati*, con l'unica classe dei *Crostacei*, e quello dei *Tracheati* con le classi degli *Onicofori* (*Prototracheati*), degli *Aracnidi*, dei *Miriapodi*, degli *Insetti* (Esapodi).

Fig. 235. - *Astacus fluviatilis* (Gambero d'acqua dolce, visto dal lato ventrale).

CLASSE DEI CROSTACE — Sono i soli artropodi *branchiati* (v. fig. 235, bis) e quindi ancora acquatici, ed inferiori rispetto alle altre classi. Hanno un dermascheletro calcificato più o meno robusto (da cui il nome), e il capo provvisto di due paia di appendici sensitive speciali (antenne); arti in numero vario, in parti terminati a pinza (v. fig. 235). Sviluppo per larve. Comprendono numerosi ordini, fra cui sono notevoli i seguenti: **Copepodi**, piccoli, con arti atti al nuoto, per lo più parassiti sulle branchie e sulla pelle di pesci; es. *Argulus foliaceus*, detto « pidocchio dei pesci », e gen. *Cyclops*, con forme libere di acqua dolce. **Cirripedi**, con arti incurvati inetti al moto; di solito fissi mediante un peduncolo (es. gen. *Lepas* fig. 237), e con un guscio fatto di varii pezzi; molti sono parassiti e profondamente trasformati. **Isopodi**, col corpo appiattito,

formato di tanti segmenti simili, ciascuno con un paio di piccole zampe; parecchi sono parassiti, e un piccolo gruppo comprende delle forme adattatesi alla vita terrestre: es. *Asellus* con forme libere d'acqua dolce, *Bopyrus* con forme parassite di altri crostacei, *Oniscus* con forme terrestri comuni, capaci di arrotolarsi a pallottola, fig. 238. **Stomatopodi**, con cinque paia di arti trasformati in appendici boccali, un paio di arti predatori molto sviluppati, e tre paia di arti toracici relativamente piccoli; es. la *Cicala di mare* (*Squilla mantis* — fig. 239).

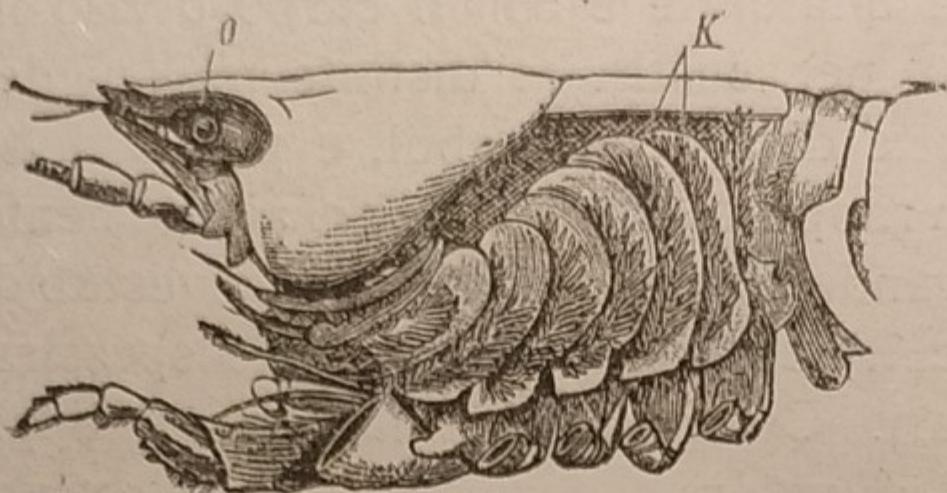



Fig. 235 bis - Cefalo-torace di un gambero, con dermascheletro asportato in corrispondenza delle branchie; K = branchie; O = occhi peduncolati.

Xifosuri (così detti perchè hanno una lunga appendice rigida terminale — fig. 240); corpo largo depresso, con un grande piastrone dorsale. Sono interessanti perchè le loro larve trilobate ricordano

Fig. 236. - *Cyclops coronatus*, (Femmina, con sacchi ovigeri *s. o*; si noti anche l'occhio frontale unico).

Fig. 237. - *Lepas anatifera*.

Fig. 238. - *Oniscus murarius*. (Porcellino di terra).

molto quelle notissime forme fossili, dette *Trilobiti* (fig. 241), con le quali certamente questi crostacei si ricollegano. (Es. gen. *Limulus* con poche specie marine).

Decapodi, forme superiori, talvolta di grandi dimensioni, con cinque paia di arti, e corpo nettamente diviso in due regioni: cefalotorace e addome; alcuni hanno l'addome lungo e indurito — es. Gambero d'acqua dolce (*Astacus fluviatilis*) ed Aragosta (*Palinurus*

vulgaris), forme molto ricercate per la bontà delle loro carni; altri hanno l'addome rudimentale e piegato sotto il torace — es. i gran-

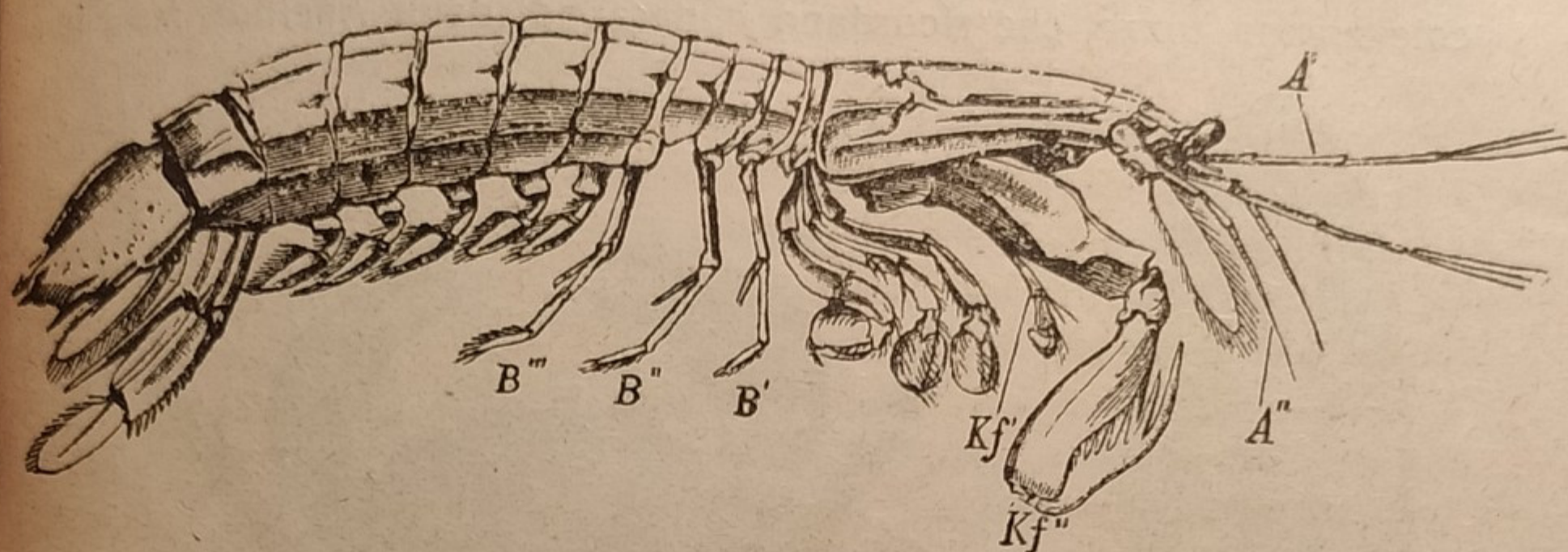



Fig. 239. - *Squilla mantis.* (Cicala di mare).

chi comuni [*Carcinus, Cancer* ed altri generi]; altri ancora hanno l'addome mediocremente sviluppato e molle, come il *Pagurus* di cui si è parlato a proposito della simbiosi (v. fig. 158).

Fig. 240. - A. *Limulus moluccanus.* (Dal lato dorsale).

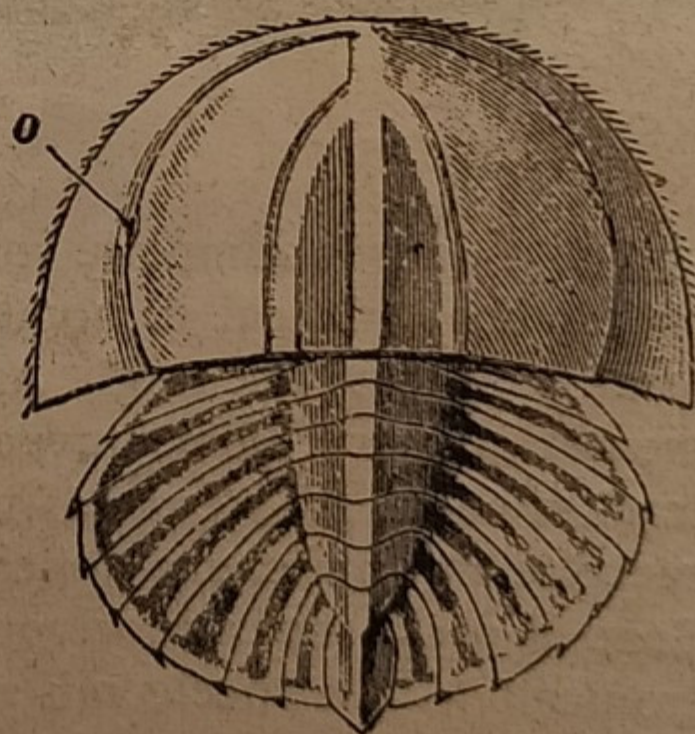



Fig. 240. - B. *Larva di Limulus.* (Con aspetto di Trilobite).

CLASSE DEGLI ONICOFORI (o PROTOTRACHEATI). — Non comprende che poche specie di un solo genere (*Peripatus*), ma molto interes-

santi perchè rivelano una certa connessione tra gli *Artropodi* e gli *Anellidi*. Hanno il corpo vermiforme (fig. 243), con numerose e piccole zampe tozze, che ricordano i parapodi degli Anellidi, ma che

Fig. 241. - Trilobite. di terreni Siluriani

Fig. 242. - Granchio d'acqua dolce (*Telfusa*).

sono da interpretarsi come veri arti, avendo un principio di artico-

Fig. 243. - *Peripatus capensis*.

lazione; queste zampette sono terminate da piccolissime unghie caratteristiche (da cui il nome di *Onicofori*). Nell'organizzazione interna ricordano anche gli Anellidi per gli organi di escrezione segmentali, mentre hanno invece gli organi respiratorii sotto forma di trachee come gli artropodi terrestri (ma sono trachee sparse e non raccolte in un sistema unico); hanno inoltre due antenne sul capo. Sono a sessi separati, vivono in terra ma in luoghi umidi, nei paesi tropicali. — La specie più nota è il *Peripatus capensis*.

CLASSE DEGLI ARACNIDI. — Sono tracheati con pelle più o meno chitinizzata ma senza crosta calcare; hanno sempre quattro paia di arti ambulatorii, più due paia trasformati in appendici boccali, dette *cheliceri* e *pedipalpi* (fig. 244); hanno il corpo variamente diviso, e

sono privi di antenne. Lo sviluppo è diretto, o almeno senza vere metamorfosi. Comprendono parecchi ordini, di cui i principali sono quelli degli *Acari*, degli *Araneidi* e degli *Scorpionidi*.

Gli **Acari**, generalmente parassiti di animali o di vegetali, sono caratterizzati dal corpo appiattito e non distinto in regioni; l'apparecchio boccale è spesso modificato in un rostro succhiante, e l'organizzazione interna ridotta per il parassitismo. Tra le forme parassite dell'uomo citeremo l'*Acaro della scabbia (Sarcoptes scabiei)* quasi microscopico, le cui femmine (notevolmente diverse dai maschi — v. fig. 245) scavano gallerie nella pelle deponendo in fondo le uova, e cagionando quella brutta e molesta malattia della pelle che è appunto la scabbia (volgarmente rogna). Fra i più noti parassiti (esterni) degli animali dome-

Fig. 244. - Apparecchio boccale di ragno; *a*, mascelle; *b*, palpi mascellari (pedipalpi); *c*, cheliceri

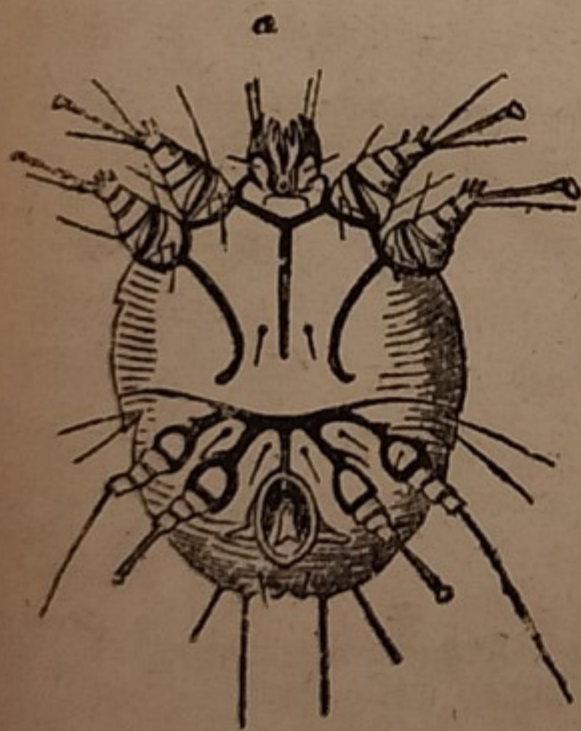



Fig. 245. - A. *Sarcoptes Scabiei.* (Acaro della Scabbia): maschio dal lato ventrale molto ingrandito.

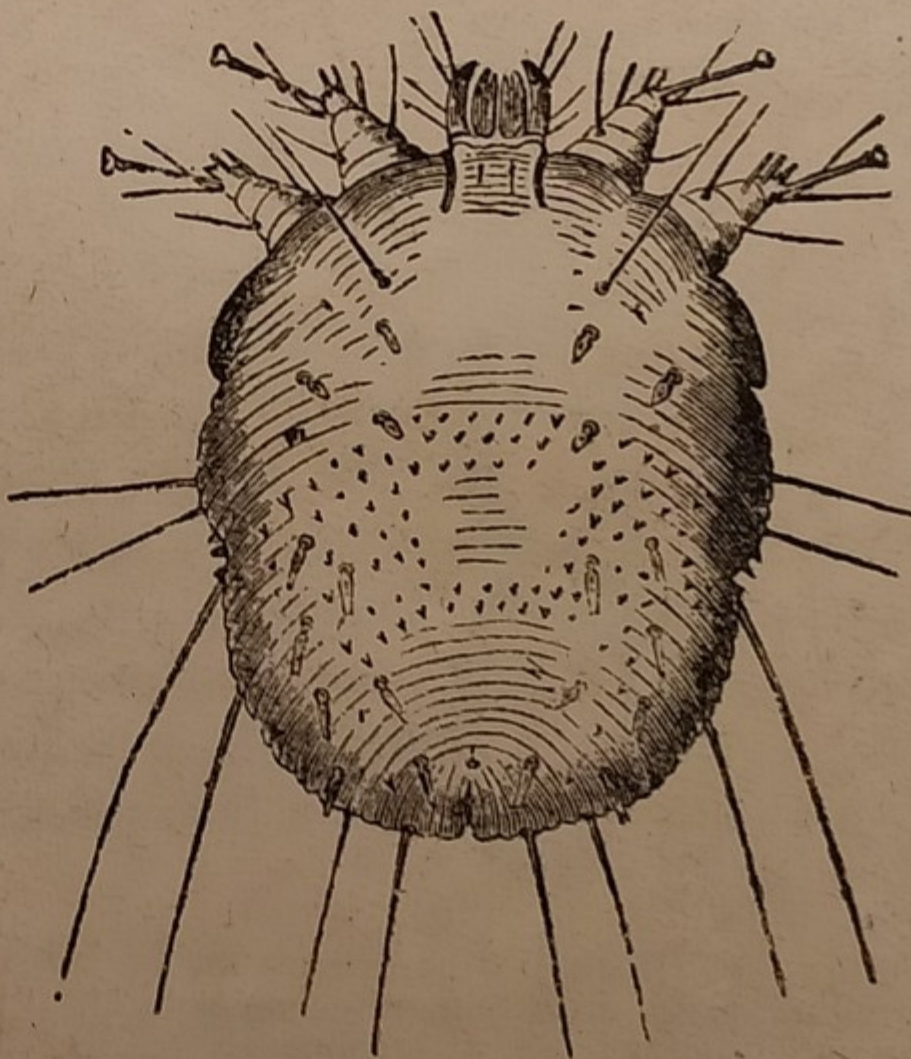



Fig. 245. - B. *Sarcoptes Scabiei*, femmina dal lato dorsale, molto ingrandita.

stici si possono ricordare il *Dermanyssus gallinae* che molesta il pollame, e l'*Ixodes ricinus (zecca)* che succhia sangue sulla pelle dei cani (figura 246) e che si scosta alquanto dalla tipica forma degli acari per essere meno appiattito ed avere zampe sottili. Fra i parassiti delle piante è notevole il *Phytoptus vitis* che determina delle

alterazioni sulle foglie della vite. Esistono anche delle forme libere e delle forme acquatiche, ma sono più rare.

Gli **Araneidi**, o ragni, hanno il corpo distinto nettamente in due regioni: cefalotorace e addome, spesso separate da un istmo sottile (figura 247); hanno i cheliceri in rapporto con ghiandole velenose, le trachee trasformate e raccolte in due o quattro ammassi detti impropriamente polmoni; all'estremità dell'addome degli organi detti « filiere », per cui esce un liquido che, condensandosi, serve alla formazione di quelle caratteristiche tele con cui i ragni catturano gli insetti. Citeremo il comune ragno delle case (*Tegenaria domestica)*; uno dei più noti ragni di campagna, l'*Epeira diadema;* una forma esotica (dell'America tropicale) la *Mygale avicularia*, di grandi dimensioni, tutta coperta di una peluria bruna, e capace di dar la caccia non solo ad insetti ma anche a piccoli uccelli.

Fig. 246. - *Ixodes ricinus.* (Zecca del cane) femmina turgida di sangue, a grandezza naturale.

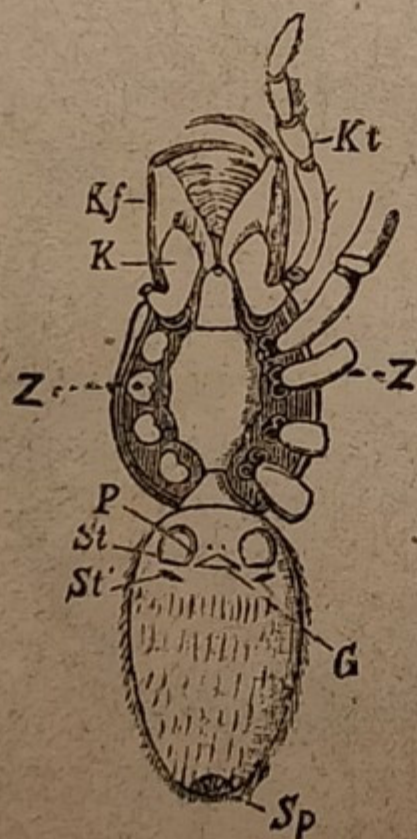



Fig. 247. - Regioni del corpo di un ragno (visto ventralmente e con le zampe tagliate): Kf = cheliceri Kt = palpi mascellari, K = mascelle, Z = zampe, P = i cosidetti polmoni e le loro aperture ((stimme, St), G = orificio genitale, Sp = filiera.

Fig. 248. - *Tegenaria domestica.* (Ragno delle case).

Gli **Scorpionidi**, con il corpo diviso in tre regioni: cefalotorace, addome e post-addome; quest'ultimo terminato da un uncino in rapporto con ghiandola velenosa; pedipalpi fatti a pinza e molto sviluppati; trachee trasformate in falsi polmoni; vivipari. Citeremo i comuni scorpioni nostrani: *Euscorpius* (varie specie), e *Buthus oc-*

citanus: avvertendo che grosse specie dell'Africa e di altre regioni

Fig. 249. - *Epeira diadema.* (Ragno crociato).

Fig. 250. - *Euscorpius europaeus.* (Scorpione comune).

calde fanno punture mortali anche per l'uomo.

CLASSE DEI MIRIAPODI. — Comprendono i comuni millepiedi; hanno capo distinto, provvisto di due antenne e di due o tre paia di appendici boccali (mascelle e piedi mascellari), corpo formato di numerosi segmenti all'incirca uguali, con uno o due paia di zampe per ogni segmento. Sono tutte forme terrestri, con trachee normali. I due ordini più notevoli sono quelli dei *Chilopodi* e dei *Chilognati*, profondamente distinti.

I **Chilopodi** hanno un solo paio di arti per ogni segmento ed il corpo molto appiattito: citeremo fra le forme più notevoli le *Scolopendre*, le cui morsicature sono velenose (es. *Scolopendra morsitans* nostrana, ed altre specie molto più grosse, di paesi tropicali); il *Lithobius forficatus*, più piccolo e più comune, pure nostrano.

Fig. 251. - *Scolopendra morsitans* (leggermente impiccolita).

I **Chilognati** hanno due paia di arti per ogni segmento (e quindi numerosissimi, essendo an-

che i segmenti in genere molto più numerosi che nell'altro ordine); il corpo è all'incirca cilindrico e capace di arrotolarsi su se stesso.

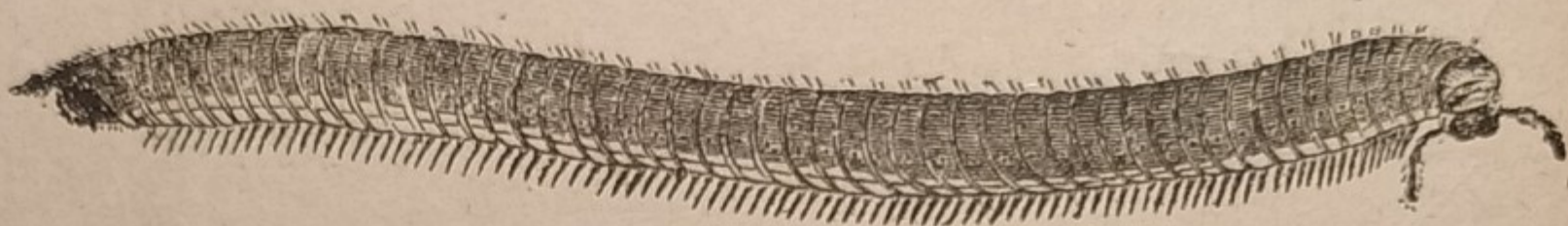



Fig. 252. - *Julus sabulosus.*

Citiamo il più tipico dei millepiedi, ossia il *Iulus sabulosus,* dal corpo bruno molto allungato (fig. 252), e i *Glomeridi,* con varii generi, col corpo breve che si può piegare sul ventre, proprio come una pallottola (figura 253).

CLASSE DEGLI ESAPODI (INSETTI). — Sono tracheati col corpo nettamente distinto in tre regioni: capo, torace, addome. Capo con un paio di antenne e un paio di occhi tipicamente composti (v. figura 139); talora con occhi semplici aggiunti. Tre paia di appendici boccali variamente sviluppate e conformate (apparecchio masticatore, succhiatore, lambitore, misto vedi fig. 41-42-43-44). Torace diviso in

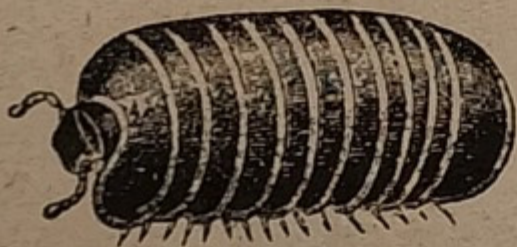



Fig. 253. - *Glomeris marginata.*

Fig. 254. - Divisioni del corpo di un insetto (maggiolino).

tre segmenti: protorace, mesotorace, metatorace, ciascuno con un paio di arti (sei zampe in tutto da cui il nome di *Esapodi*). Il protorace è spesso separato dagli altri due segmenti (fig. 254), e molto sviluppato e mobile (*corsaletto*). Generalmente due paia di ali (uno sul meso e l'altro sul metatorace); ma talora queste sono rudimentali, o mancanti del tutto, o sviluppate in un solo paio. L'addome è tipicamente di undici articoli.

Hanno sessi separati, e spesso con notevole dimorfismo sessuale o anche con polimorfismo (fig. 81-83). Quasi sempre ovipari.

Si sviluppano di solito per metamorfosi, passando per tre fasi principali: *bruco, crisalide, imagine* (v. fig. 79 e 278).

Fig. 255. - *Lepisma saccharina.* (notevolmente ingrandita).

Fig. 256. - *Campodea staphylinus.* (notevolmente ingrandita)

Comprendono un numero sterminato di forme svariatissime, distribuite in numerosi ordini. Molti sono interessantissimi per i loro singolari costumi; hanno importanza nell'agricoltura, qualche volta per essere utili, ma troppo più spesso per essere terribili nemici delle coltivazioni; interessano pure la medicina e la veterinaria come causa diretta o indiretta di molte malattie. I varii ordini sono distinti specialmente per la diversa conformazione dell'apparecchio boccale, per il modo di sviluppo (con metamorfosi complete, incomplete o mancanti), per i caratteri delle ali (presenza o mancanza, numero, consistenza, aspetto);

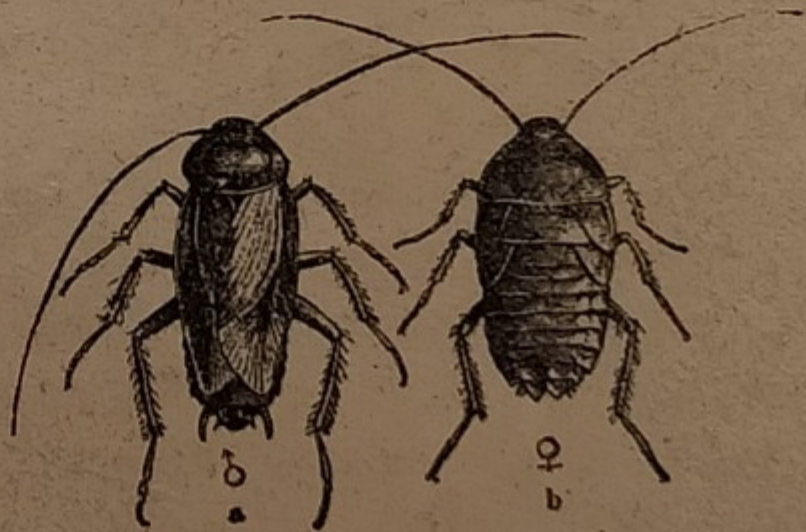



Fig. 257. - *Periplaneta orientalis.* (Scarafaggio delle case, o Blatta): maschio (a sinistra) e femmina (a destra); alquanto impiccoliti.

i nomi stessi degli ordini sono desunti appunto da quest'ultima categoria di caratteri. Trascurando i gruppi minori, accenneremo a

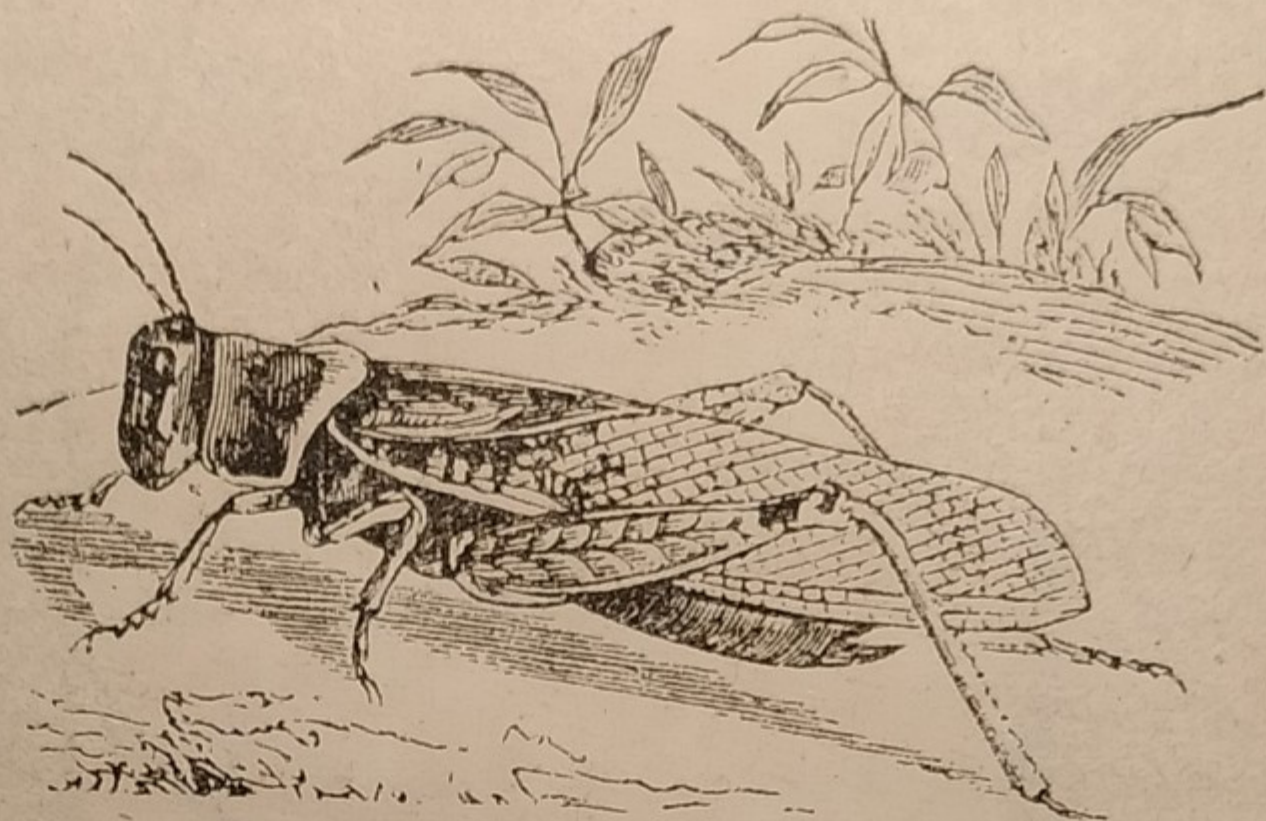



Fig. 258. - *Oedipoda migratoria*. (Cavalletta migratrice).

qualche specie fra le più importanti di ogni singolo ordine.

Gli **Atteri** mancano assolutamente di ali fin dall'origine, hanno

Fig. 259. - *Gryllotalpa vulgaris*

apparecchio boccale masticatore, sviluppo diretto. Costituiscono un ordine poco esteso, di cui citeremo il comune *Pesciolino d'argento (Lepisma saccharina)*, e la *Campodea (Campodea staphylinus)*, meno

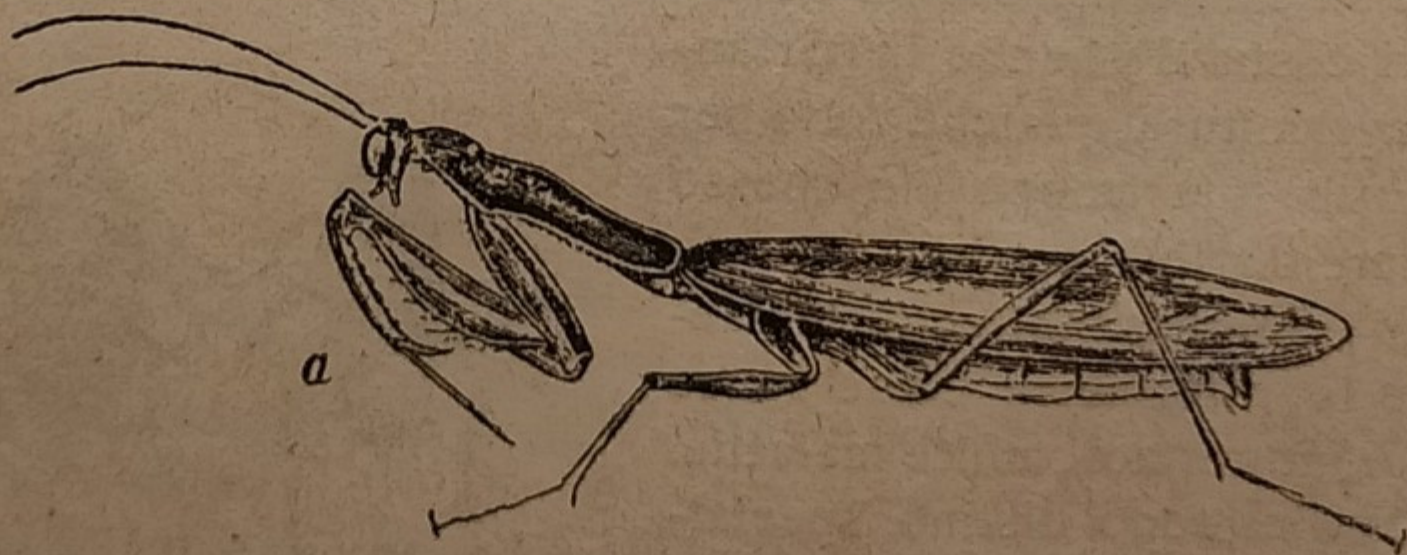



Fig. 260. - *Mantis religiosa* (leggermente impiccolita).

nota volgarmente, ma interessante per i caratteri d'inferiorità, per cui ricorda gli stati larvali di altri insetti e per cui è ritenuta come una specie di forma-stipite di tutta la classe (tra i caratteri eccezio-

nali ha quello notevole di presentare rudimenti di arti anche nell'addome).

Gli **Ortotteri** hanno pure apparecchio boccale masticatore, ma hanno generalmente quattro ali più o meno sviluppate, di cui quelle del primo paio sono alquanto chitinizzate e perciò rigide. Hanno metamorfosi molto semplici (incomplete). Citeremo le *blatte*, fra cui lo scarafaggio comune delle case *(Periplaneta orientalis)*, che hanno tutte le zampe uguali, atte a correre; le comuni *cavallette*, con le ultime zampe molto più lunghe, atte al salto (es. l'*Oedipoda migratoria*, che è la terribile cavalletta viaggiatrice, nota dall'antichità come un vero flagello perchè si raccoglie talora in isciami sterminati, distruggendo, dove si posa, ogni traccia di vegetazione); il *Gryllotalpa vulgaris* con le zampe anteriori atte a scavare; la *Mantis religiosa* eminentemente predatrice di altri insetti e con le zampe anteriori atte appunto alla preda; il *Bacillus Rossii* già citato per il suo spiccato mimetismo (v. fig. 157).

Fig. 261. *Calopteryx splendens*. (leggermente impicciolita).

Gli **Pseudoneurotteri**, con caratteri intermedii tra quelli degli Ortotteri e quelli dei Neurotteri veri di cui parleremo. Hanno apparecchio boccale masticatore, quattro ali sottili e fittamente reticolate, metamorfosi incomplete. Esempi tipici sono le *Libellule* e le *Calopterici (Calopteryx splendens)*, dal corpo lungo slanciato, solitamente con vivaci colori. Interessantissime per il loro complicato poli-

Fig. 262. - A. *Myrmeleon formicarius* (Formicaleone): insetto perfetto a grandezza naturale.

Fig. 262. - B Larva del Formicaleone, notevolmente ingrandita.

morfismo sono le piccole *Termiti*, che ricordano superficialmente le formiche (vedi *Termes lucifugus*, fig. 83), e che possono essere dan-

nosissime alle costruzioni perchè vivono in grandi associazioni, distruggendo il legno; sono forme dei paesi caldi (specialmente dell'Africa) e alcune specie costituiscono dei nidi colossali.

I **Neurotteri** assomigliano ai precedenti per l'aspetto delle ali e per la struttura dell'apparecchio boccale, ma sono di solito riuniti in un ordine distinto soprattutto per il fatto importante che hanno metamorfosi complete. Costituiscono del resto un piccolo gruppo, di cui possiamo citare come esempio il *Formicaleone (Myrmeleon formicarius)*, la cui larva dà la caccia alle formiche nascondendosi in fondo a fossette che si scava nella sabbia.

Fig. 263. - *Cicada plebeja* (Cicala comune); maschio visto dal lato ventrale. Si notino fra le zampe posteriori le due grandi squame che ricoprono gli organi sonori.

I **Rincoti** comprendono insetti di svariatissimo aspetto ma che sono riuniti per il carattere comune di un apparecchio boccale foggiato a *rostro*, diritto, pungente e succhiante (da cui il loro stesso nome); hanno generalmente metamorfosi incomplete, e comprendono numerose forme parassite degli animali e delle piante. Tra le forme libere ricordiamo le *cicale*, relativamente grosse, con quattro ali pressapoco uguali *(omotteri)* reticolate, abbastanza rigide (es. *Cicada plebeja*, i cui maschi hanno un caratteristico organo sonoro alla base dell'addome — v. figura 263). Tra le forme parassite (esterne) degli animali accenniamo

Fig. 264. - *Pediculus capitis* e sue uova (*lendini*), molto ingranditi.

Fig. 265. - *Acànthia lectularia* (Cimice dei letti), molto ingrandita.

Fig. 266. - *Pentatoma*. (Cimice delle piante) grand. natur.

ai comuni *pidocchi*, privi completamente di ali, di cui alcune specie vivono anche sull'uomo (es. *Pediculus vestimenti, P. capitis*) (1).

(1) Molti zoologi comprendono fra i Rincoti alcuni piccoli insetti, detti

Citiamo anche le *cimici degli animali*, fra cui la nostra Cimice dei letti *(Acanthia lectularia)* priva di ali; le *cimici delle piante* che sono alate e col primo paio di ali coriacee alla base e membranose all'estremità *(emitteri)*, spesso con belle colorazioni ma con odori sgradevolissimi (es. *Pentatoma baccarum* — v. fig. 266); le *cimici d'acqua*, pure emitteri (gen. *Nepa* e *Notonectes*). Finalmente devono essere particolarmente ricordati i *Fitoftiridi*, con forme piccole, a notevole dimorfismo sessuale, viventi in gran numero fissati alle piante; alcune come il gruppo delle *Coccinìglie*, presentano anche delle forme utili (per es. il *Coccus cacti*, originario del Messico, le

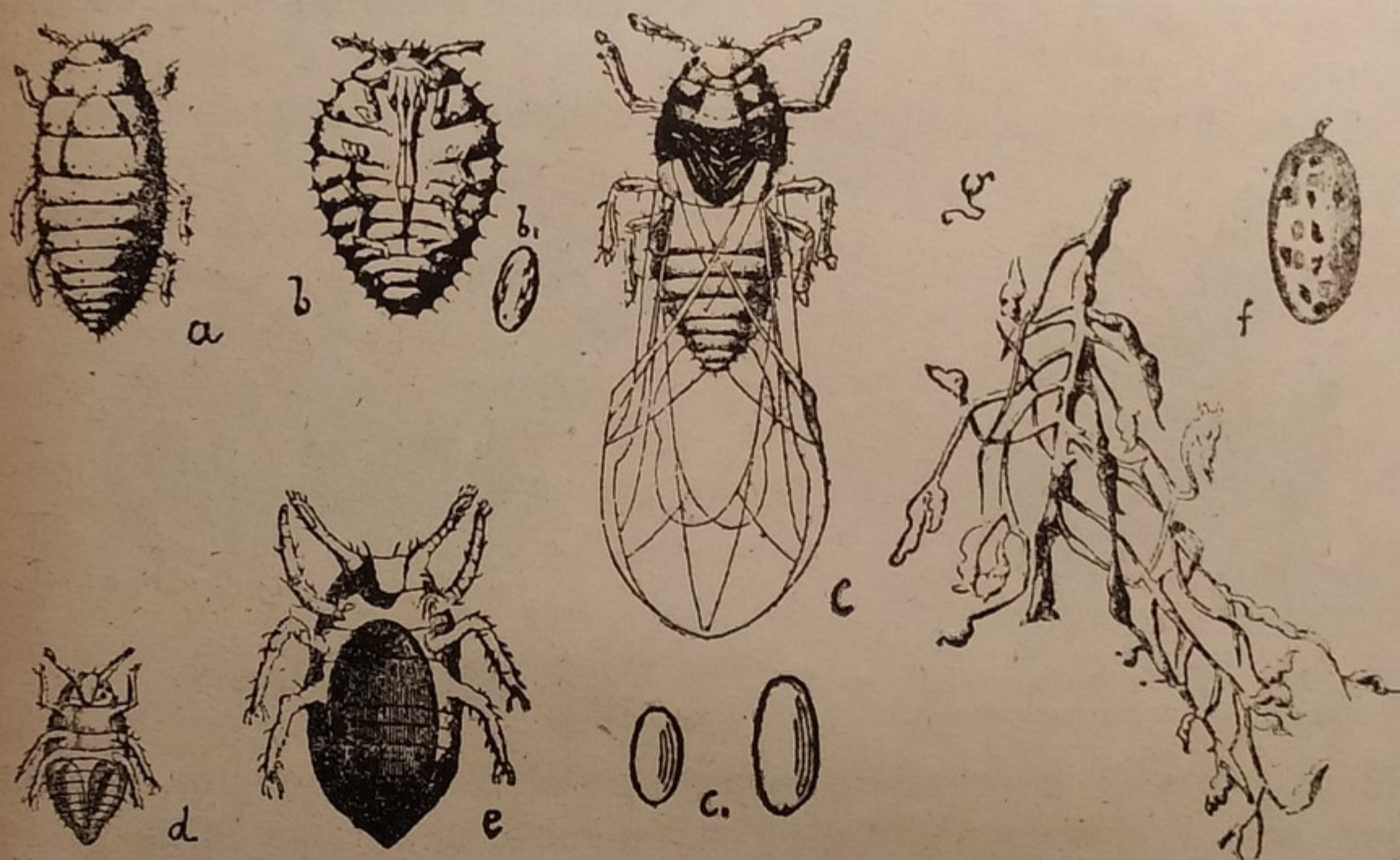



Fig. 267. La filossera della vite (*Philloxera vastatrix*) ; *a* giovane femmina attera (dal lato dorsale) ; *b*, femmina attera adulta (dal lato ventrale) ; *b*, uovo della stessa prodotto per partenogenesi) ; *c*, femmina alata ; *c*, uovo della stessa (di due sorta); *d*, maschio ; *e*, femmina fecondata, con un unico uovo, visibile nell'interno ; *f*, uovo della stessa (uovo d'inverno) ; *g*, radici di vite con tubercoli prodotti dalle Filossere. — Tutte le figure molto ingrandite.

cui femmine essicate danno la nota tintura rossa); ma la maggior parte sono nocive, come la *Coccinìglia del gelso (Diaspis pentagona)*, e specialmente tutto il gruppo degli *Afidi (pidocchi delle piante)*, fra cui primeggia la terribile *Fillossera (Phylloxera vastatrix)*.

Questa specie è originaria dell'America, ma importata in Europa ha cagionato gravissimi danni, specialmente ai vigneti francesi ed

---

mallofagi, che vivono pure come parassiti esterni sui mammiferi e sugli uccelli (es. *Trichodectes canis*, sul cane, *Menopon pallidum* sui polli, e detto comunemente « pollino ») ; in realtà assomigliano in tutto ai comuni pidocchi ma se ne scostano per l'apparecchio boccale masticatore, per cui alcuni li uniscono agli pseudoneurotteri.

anche ai nostri. Complicatissimo è il suo sviluppo (fig. 267): tanto i maschi come le femmine adulte sono privi di ali, ma notevolmente diversi (i maschi più piccoli, appena visibili ad occhio); dall'unico uovo della femmina, deposto sotto la corteccia dei tralci di vite ove passa l'inverno, esce una larva che può avere diversi aspetti, e riprodurre senza fecondazione varie generazioni di larve attere, viventi secondo i casi, sulle radici (forme *radicicole*) o sulle foglie (forme *gallicole)* producendo sempre gravi danni alla pianta, finchè si sviluppano delle forme *alate* (quattro ali sottili non reticolate) che danno luogo, ancora senza fecondazione, a uova di due specie, sviluppanti poi rispettivamente dei maschi e delle femmine, che rinnovano il ciclo.

I **Lepidotteri**, sono così detti per la caratteristica delle loro quattro

Fig. 268. - Farfalla diurna in riposo (*Argynnis aglaja*)

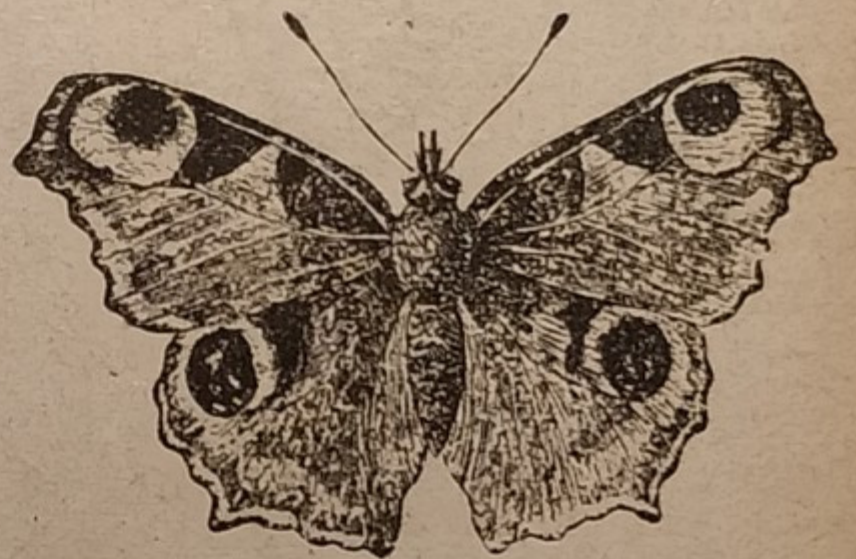



Fig. 269. *Vanessa Jo*

ali ricoperte di minutissime squamette (lèpidos = squama), ma volgarmente si chiamano farfalle; hanno anche di caratteristico un apparecchio boccale succhiante fatto a lunga proboscide ravvolta su sè stessa nel riposo (fig. 41), ma nelle larve vi è invece un appa-

Fig. 270. - Sfinge testa di morto (*Acheròntia àtropos*).

recchio masticatore; le metamorfosi sono complete. Si distinguono abitualmente, secondo il modo di vivere, in *diurni, crepuscolari* e *notturni,* ma una divisione più scientifica è basata sui caratteri delle antenne. Le larve sono quasi sempre dannosissime alle coltivazioni.

Tra le tipiche farfalle diurne (caratterizzate dalle antenne sempre

Fig. 271) - Pavonia maggiore (*Saturnia pyri*).

terminate con un ingrossamento, e dalle ali tenute verticalmente nel riposo — v. fig. 268) si possono menzionare: la comune *Cavolaia (Pieris brassicae)*, la *Vanessa maggiore (Vanessa Io)*, e le belle specie del genere *Papilio*; tra le crepuscolari e le notturne (caratterizzate dalle antenne di varia forma e dalle ali tenute a tetto nel riposo) accenneremo alle *sfingi* (es. *Acherontia Atropos* o Testa di morto) crepuscolari, e alle *bombicine*, notturne (es. *Saturnia pyri* o Pavonia maggiore, e *Bombyx mori* o farfalla del Baco da seta, forme notissime). Un gruppo particolare molto importante è

Fig. 272. - Baco da seta (*Bombyx mori*); *a*, insetto perfetto; *b*, bruco.

quello dei *Microlepidotteri*, con specie piccolissime, molto dannose (per es. le comuni *tignuole*: *Tinea granella* del frumento, T. *pellionella* o tarlo dei panni. ecc., e le *Alucite*, con ali segmentate (fig. 273 e 274).

Coleotteri. — Sono specialmente caratterizzati per avere il corpo indurito per l'abbondante chitina del tegumento e del primo paio di ali (elitre); hanno un apparato boccale masticatore e delle metamorfosi complete (v. fig. 44 e 278). Comprendono numerosissime e svariatissime forme, distribuite in varii gruppi, distinti specialmente

Fig. 273. - Tignola del grano (*Tinea granella*).

Fig. 274 - (*Alucita hexadactyla*).

Fig. 275. - Scarabeo sacro (*Atheucus sacer*).

per il numero degli ultimi articoli delle zampe *(tarsi)*. La maggior parte delle forme sono dannose, tanto allo stato larvale che a quello adulto. Citeremo il comunissimo *Maggiolino* (*Melolontha vulgaris* (fig. 278), il *Cervo volante (Lucanus cervus*, fig. 81, che già ci è noto per il suo dimorfismo sessuale), l'*Idrofilo* grossa forma acquatica, nera (*Hydrophilus piceus* — fig. 79), gli *Scarabei* (es. il *Geotrupes stercorarius o Scarabeo stercorario* e l'*Atheucus sacer* o *Scarabeo sacro*), la *Lucciola (Lampyris noctiluca)* nota per i fenomeni di fosforescenza, il *Mugnaio (Tenebrio molitor*) la cui larva danneggia le farine, la *Calandra del grano* (*Calandra granaria*) che danneggia il grano raccolto nei magazzini, il *Sigaraio* (*Rhynchites betuleti)* di un bel colore verde metallico, che danneggia le viti accartocciando le foglie a sigaretta, il *Tarlo del legno* od *Orologio della morte (Anobium pertinax)* che guasta i mobili di legno, e produce un caratteristico battito urtando col capo contro il legno stesso.

Fig. 276. - Il mugnaio (*Tenebrio molitor*): alquanto ingrandito.

Fig. 277 - *Anòbium pertinax*.

Ditteri. — Quest'ordine, come esprime il nome, comprende quegli insetti che hanno sviluppato un solo paio di ali (il primo), mentre l'altro è ridotto a piccolissimi rudimenti, che si chiamano *bilancieri*; hanno apparecchio boccale succhiante e talora anche pungente (v. fig. 42), ma di variabilissima forma; metamorfosi complete.

Fig. 278. - Metamorfosi del Maggiolino.

Fig. 279. - Il sigaraio (*Rhynchites betuleti*), ingrandim. 2 volte.

Si dividono nei due gruppi dei *Brachiceri* e dei *Nemoceri* i primi con le antenne brevi e generalmente col corpo tozzo (per es.

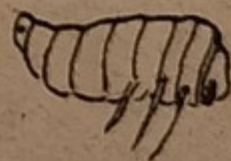
Fig. 280. - Estro del cavallo (a destra la larva), ingrand. 2 volte.

le *mosche*), i secondi con le antenne lunghe e col corpo esile (es. le *zanzare*). Fra i *Brachiceri* nomineremo oltre la *Mosca comune* (*Musca domestica*) cosmopolita, i *Mosconi della carne* (*Calliphora vomitoria*, azzurrognola, e *Sarcophaga carnaria*, grigia, a righe, vivi-

para); tra le forme parassite degli animali l'*Estro del Cavallo (Gastrophilus equi)*, le cui larve compiono il loro sviluppo nello stomaco del cavallo; e l'*Estro bovino (Hypoderma bovis)*, le cui larve s'insinuano invece dentro la pelle del bue; tra le forme non parassite ma indirettamente nocive agli animali ed anche all'uomo, quali propagatrici d'infezioni, i comuni *Tafani (Tabànus bovinus* ecc.) e sopratutto le famose *Glossine (Glossina palpalis* ecc.) di cui abbiamo già parlato a proposito dei Tripanosomi e delle malattie tropicali vedi « Flagellati »). È bene anche ricordare che i cosidetti *Vermi dei cadaveri* non sono altro, generalmente, che larve di mosche di diverse specie. Tra i ditteri *Nemoceri* rammentiamo ancora i famosi *Anopheles* di cui si parlò a proposito del Plasmodio della

Fig 281. *Zanzara comune (Cules pipiens)*; 1, Insetto perfetto (maschio); 2, ninfa; 3, larva. N. B. Le femmine, che sono quelle che pungono, non hanno le antenne piumate).

Fig. 282. - *Oecidomia tritici.*

Fig. 283. - *Pulex irritans*, con larva e ninfa (forte ingrand.).

malaria (vedi « Sporozoi »), ed accenniamo anche alle comuni *zanzare (Culex pipiens* ed altre specie), e agli affini *mosquitos (Stegomya fasciata*) dell'America tropicale, che propagano la febbre gialla; si aggiunga finalmente che varie specie di nemoceri sono parassite delle piante, e si notino fra quelle la *Cecidòmya Tritici*

(fig. 282) e la *Cecidomya destructor* le cui larve danneggiano molto il frumento.

Afanitteri. — Costituiscono un piccolo gruppo che ha molta affinità coi ditteri, ma sono privi affatto di ali, e le larve hanno apparecchio boccale masticatore. Comprendono le comuni *pulci* e forme affini, moleste all'uomo ed agli animali superiori; la specie più nota per l'uomo è la *Pulex irritans*, col corpo bruno, molto compresso e le zampe atte al salto.

Imenotteri. — Sono i più elevati fra tutti gli insetti, e noti soprattutto per le loro abitudini sociali; hanno ali sottili, poco reticolate, simili a quelle dei ditteri, ma in numero di quattro; l'apparecchio boccale è masticatore e lambitore nel tempo stesso, poichè il labbro inferiore si trasforma per formare una speciale linguetta (v. fig. 43); hanno metamorfosi complete. Si dividono in due gruppi: i *terebranti*, e gli *aculeati*; nei primi le femmine hanno una rigida appendice terminale atta a forare per deporre le uova; nei secondi hanno invece un breve aculeo retrattile, in rapporto con ghiandole velenose. Tra i terebranti sono molte forme nocive alle piante: per es. il *Cefo pigmeo (Cephus pygmaeus)* le cui larve vivono dentro gli steli del frumento; le *Tentredini* (con varii generi e specie su piante diverse); le forme *gallicole* che con le loro punture producono delle caratteristiche escrescenze (galle) sulle piante, dove si sviluppano le larve (generi *Cynips* e *Rhodites*). Appartengono anche ai terebranti delle piccole forme interessantissime, che, deponendo le uova dentro il corpo di altri insetti, possono diventare utilissime (e vengono infatti artificialmente sfruttate) perchè distruggono altri insetti nocivi all'agricoltura; per es. il *Microgaster glomeratus* che distrugge i bruchi della *cavolaia*; varie specie dei generi *Ichneumon*, *Pimpla*, *Pteromalus*, *Platygaster*, terribili nemici di altri insetti nocivi. Tra gli *aculeati* ricordiamo le *api*, le *vespe*, i *calabroni*, le *formiche*, e il piccolo gruppo degli scavatori (generi *Sphex*, *Cerceris* ecc.) che scavano nidi sotterranei e preparano nutrimento alle loro larve imprigionando e paralizzando (senza ucciderli) degli altri insetti. Specialmente le formiche e le api sono caratteristiche per il loro polimorfismo (figure 285-286) e per i loro costumi sociali; le api, come è noto, sono

Fig. 284. - *Microgaster glomeratus; a*, larve che escono dal bruco della *cavolaia; b*, insetto perfetto molto ingrandito.

coltivate perchè somministrano il miele e la cera. Il *miele* non è che nettare di fiori, trattenuto e lievemente modificato in una specie

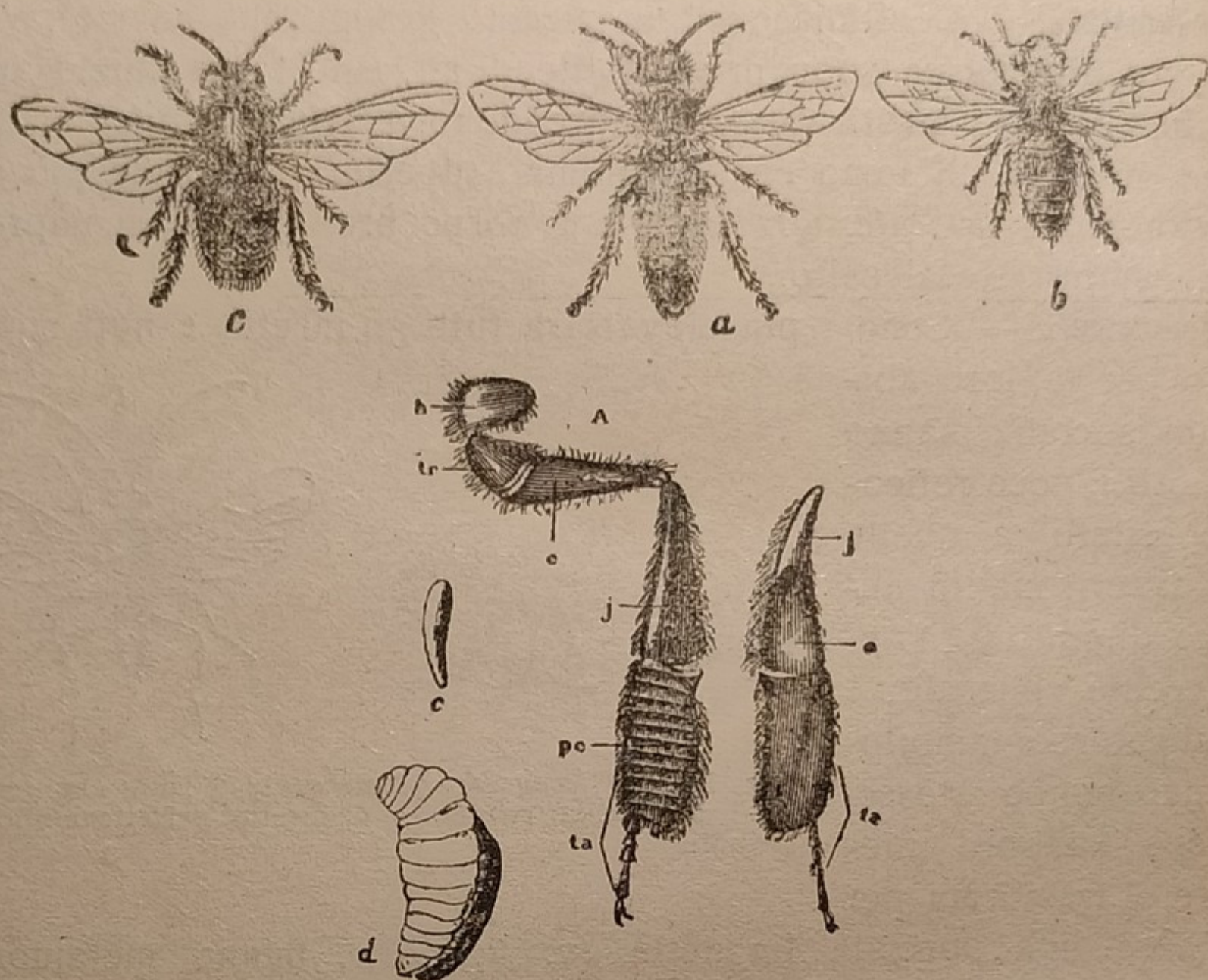



Fig. 285. - Ape comune (*Apis mellifica*) ; *a*, regina ; *b*, operaia ; *c*, maschio (pecchione); *d*, larva ; *e*, uovo ; *f*, zampa posteriore dell'operaia (a destra è vista dal lato esterno) ; a sinistra da quello interno ; con la spazzola (*pc*) ed il cestello (j).

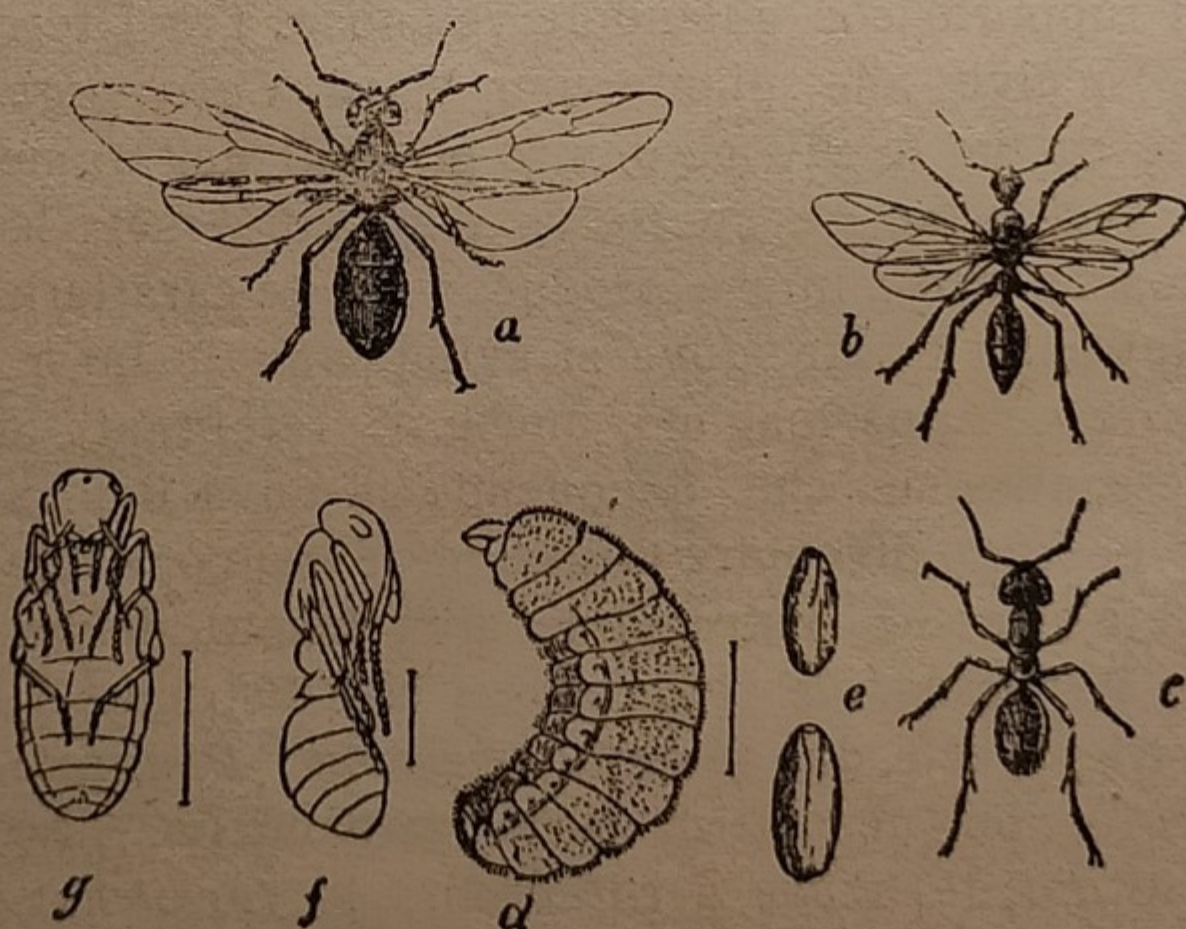



Fig. 286. - *Formica herculeana* ; *a*, femmina ; *b*, maschio ; *c*, operaia. *Formica rufa* ; *d*, larva ; *e*, bozzoli contenenti le ninfe ; *f*, *g*, ninfe fuori del bozzolo. (dal Claus).

d'ingluvie del tubo digerente (fig. 53) ; la *cera* è prodotto di ghiandole speciali delle api operaie, ed esce dagli spazii fra un anello e

l'altro dell'addome, raccolta per mezzo delle zampe e lavorata con la saliva per costruire i notissimi nidi a cellette regolari, dentro le quali il miele depositato deve servire a nutrire poi le larve. Per spazzare e raccogliere il polline le operaie hanno delle zampe posteriori convenientemente predisposte (fig. 285 *f*).

Tipo dei Cordati.

Quell'esteso gruppo di animali superiori detti *Vertebrati,* (a scheletro interno osseo o cartilagineo) che una volta era comunemente elevato al grado di « Tipo », ora è considerato invece come una semplice divisione (Sottotipo) di un gruppo più esteso (Tipo dei Cordati), il quale comprende anche certi animali meno noti e apparentemente molto più semplici, ma che hanno in comune coi vertebrati stessi un carattere di grande importanza: una cosidetta *corda dorsale,* ossia un piccolo cilindro di connettivo cellulare resistente, che si estende lungo la linea mediana dorsale del corpo, immediatamente sotto il cordone nervoso principale. Questa corda dorsale può essere limitata ad una parte del corpo e può trovarsi soltanto nei periodi embrionali, per poi scomparire del tutto o essere invece sostituita da una colonna vertebrale; ma in un modo o nell'altro si trova sempre, e costituisce un carattere sufficiente a contraddistinguere il tipo; tanto più che il fatto è costantemente in rapporto con un altro che già conosciamo, ossia con la posizione invertita dell'apparecchio circolatorio e del sistema nervoso in confronto a tutti i tipi precedenti.

I Cordati sono tutti a simmetria bilaterale, ed hanno anche come caratteristica la costante comunicazione dell'apparecchio respiratorio col primo tratto del tubo digerente. Si distinguono in tre sottotipi secondo i caratteri della corda dorsale.

Sottotipo degli Urocordati.

(Tunicati).

Hanno la corda dorsale limitata alla parte posteriore del corpo (urà = coda) e solitamente ai periodi larvali. Il corpo, di forma variabile, ma per lo più a guisa di sacco, è rivestito di una *tunica* di sostanza affine alla cellulosa dei vegetali. Il sistema nervoso è essenzialmente costituito da un ganglio sopraesofageo. Sono senza capo; ermafroditi; marini. Hanno tutto l'aspetto di animali inferiori

perchè la tunica, molte volte trasparente, incolora, ricorda i tessuti delle meduse. Comprendono le classi seguenti:

APPENDICOLARIE. — Con corda dorsale persistente come la coda in cui si trova e in cui si spinge un prolungamento del ganglio nervoso. Sono forme libere, solitarie, che ricordano gli stadii larvali dei Tunicati superiori. Es. genere *Appendicularia* e pochi altri.

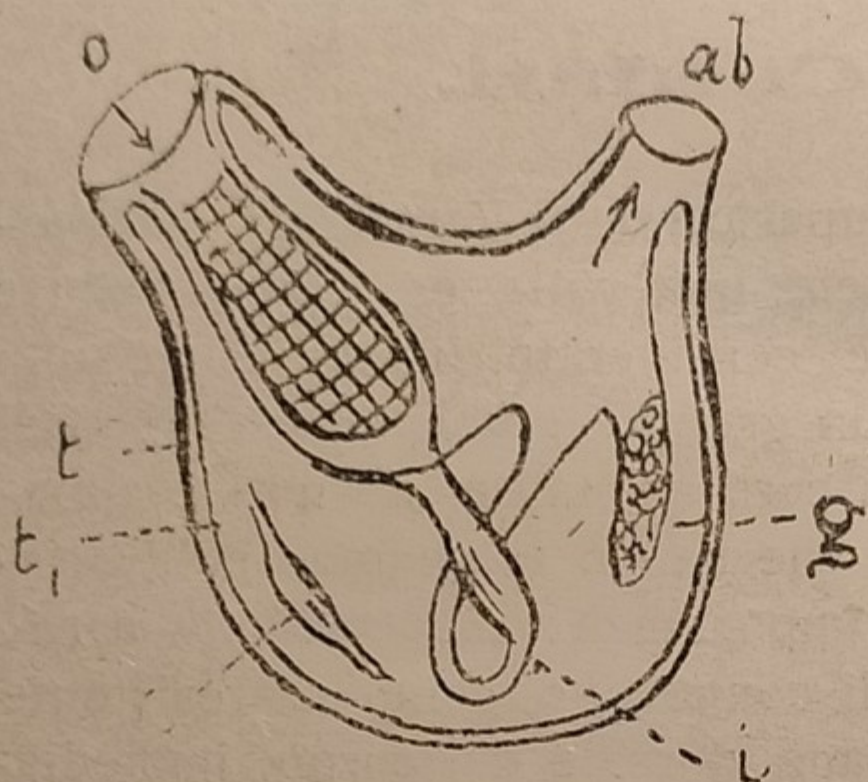



Fig. 287. - Schema di un'*Ascidia*; *o*, bocca; *ab*, apertura aborale; *c*, cuore: *g*, organi genitali; t, tunica esterna; t' tunica interna.

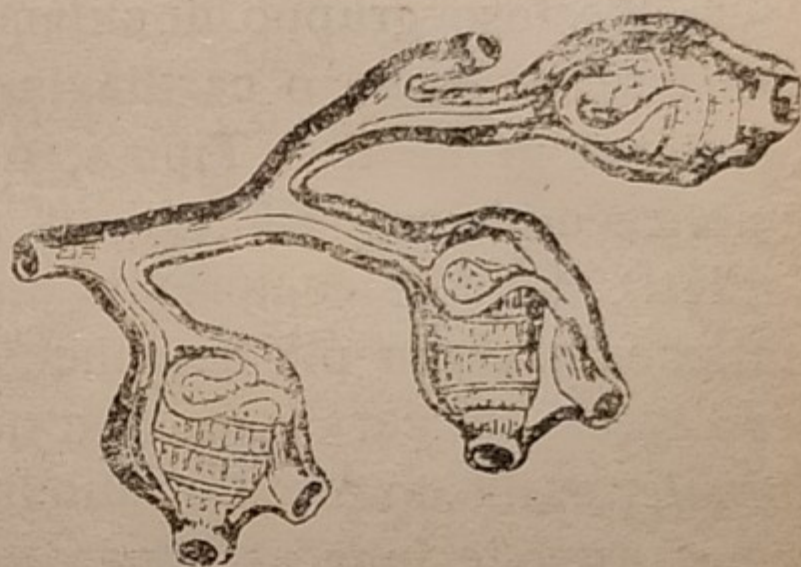



Fig. 288. - Gruppo di *Ascidie* sociali.

ASCIDIACEI. — Con corda dorsale e coda solo nelle larve. Forme semplici o coloniali ma per lo più *fisse*. Hanno l'intestino terminante

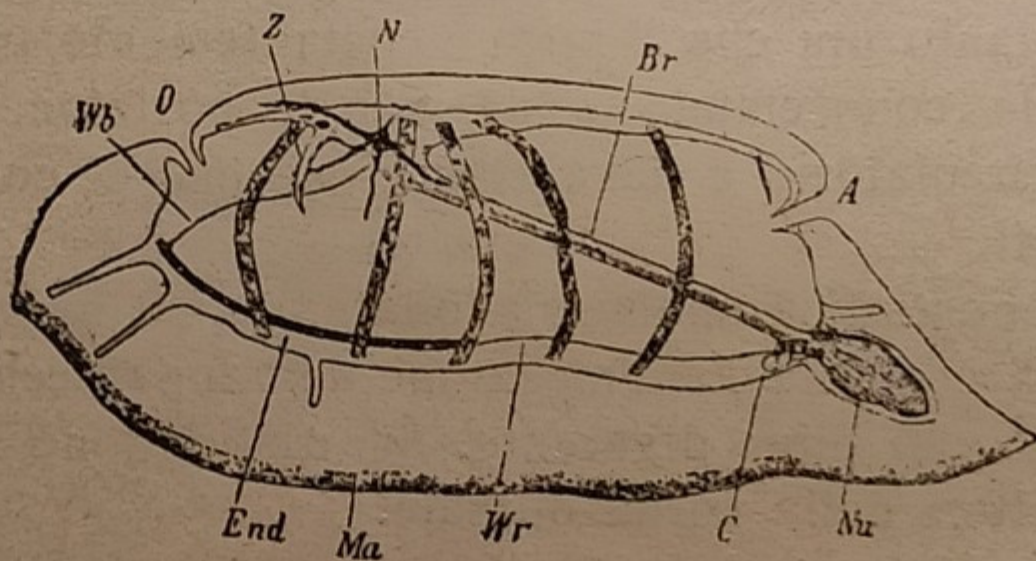



Fig. 289. - *Salpa democratica* (Schema): O, bocca; A, apertura aborale; C, cuore; N, centro nervoso; M*a*, mantello; N*u*, nucleo formato dall'intestino raggomitolato; W*b*, apertura della grande cavità respiratoria, attraversata dalla branchia (B*r*) e circondata da anelli muscolari (dal Grobben).

in una *cloaca*, poco lontana dall'apertura boccale (fig. 287-288). Es. generi, *Ascidia*, *Botryllus* e *Pyrosoma* con varie specie.

TALIACEI o SALPE. — Con corda dorsale e coda come le Ascidie; ma forme *libere* e non fisse, per lo più solitarie, o associate solo allo stato larvale.

L'intestino termina all'estremità del corpo opposta alla bocca. Es. gen. *Salpa* e *Doliolum* con varie specie (fig. 289).

Sottotipo degli Olocordati (1).

(Acranii).

Con corda dorsale lungo tutto il corpo e per tutta la vita. Si chiamano anche *Leptocardi* perchè hanno un cuore tubulare, sottile (leptòs = sottile), naturalmente verso la parte ventrale come in tutti i Cordati. Comprende una specie molto studiata, l'*Amphioxus lanceolatus,* che fu ritenuta come capo-stipite dei Vertebrati, e che certo ricollega in qualche modo queste forme superiori con quelle più basse

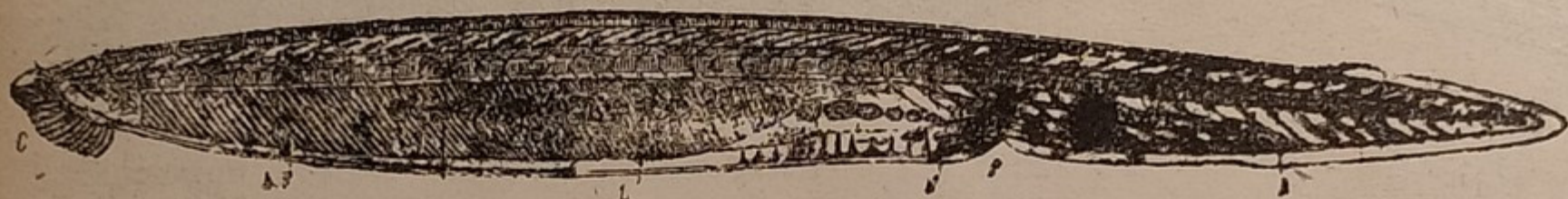



Fig. 290. - *Amphioxus lanceolatus*; *c*, cirri boccali; *ch*, estremità anteriore della corda dorsale; RM, midollo spinale; KS, camera branchiale; P, apertura posteriore della camera branchiale; A apertura anale; L, fegato; *Ov*, ovario.

Come dice il suo nome, ha forma a lancetta, compressa lateralmente e appuntita alle due estremità; è lungo sei o sette centimetri, semitrasparente, senza arti, e solo con una *pinna* lungo la linea mediana dorsale e anche per un tratto del lato ventrale. Vive anche nei nostri mari, sul fondo sabbioso.

Sottotipo dei Notocordati.

(Vertebrati o Craniati).

Con corda dorsale che per lo più si riduce o scompare negli adulti, mentre negli embrioni si protende lungo tutto il dorso (nòtos = dorso), ad eccezione dell'estremità anteriore. Dopo la corda si sviluppa una *colonna vertebrale* almeno cartilaginea ma più spesso ossea, che chiude in un canale protettivo il midollo spinale, e che

(1) Pur riconoscendo in linea generale l'inopportunità d'introdurre nomi nuovi nei libri di testo per iscuole medie, richiamando quando già ebbi a dire nei miei « Sunti » del 1913, adotto per questo piccolo ma interessante gruppo il nome di *Olocordati* (òlos = completo) invece di quello estremamente improprio di *Cefalocordati* che viene di solito usato. In realtà l'*Anfiosso* non ha un vero capo, sicchè il nome di « *Cefalocordato* » che vuol dire « con corda sul capo » appare molto inesatto; ma inoltre non è nemmeno vero che qui la corda sia limitata alla parte anteriore del corpo, chè anzi è *completa*, lungo tutto il corpo e per tutta la vita. Trattandosi di nomi non molto noti il cambiamento è tanto più giustificato.

è come l'asse di uno *scheletro interno* più o meno sviluppato. Presentano tipicamente *due paia di arti*. Hanno circolazione chiusa e sangue rosso. Si dividono nelle *sei classi : Ciclostomi, Pesci, Anfibii, Rettili, Uccelli, Mammiferi.*

CLASSE DEI CICLOSTOMI. — Sono interpretati comunemente come pesci, ma se ne distinguono per la mancanza di pinne pari che corrispondano agli arti, per la colonna vertebrale incompletamente sviluppata come il cranio (fig. 120), per la bocca circolare senza mandibola, provvista di tanti dentelli cornei (fig. 292). Hanno il corpo

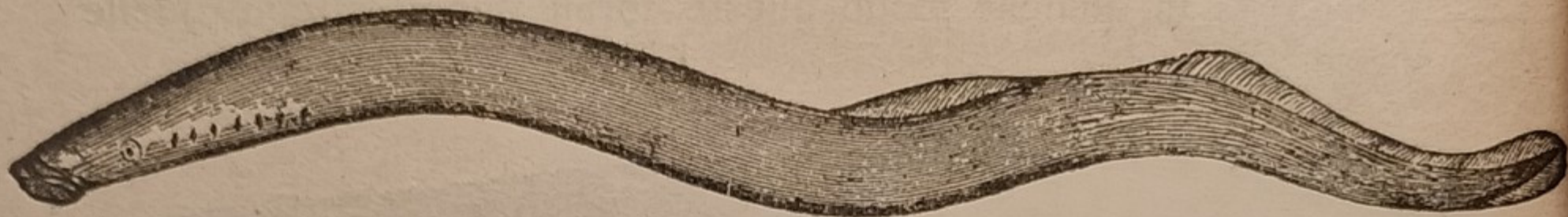



Fig. 291. - Lampreda d'acqua dolce (*Petromizon fluviatilis*) ; molto impiccolita.

cilindrico, con una pinna impari, e con varii fori branchiali laterali. Es. genere *Petromyzon* (lamprede) con specie di mare e di fiume (fig. 291).

CLASSE DEI PESCI. — Sono anche branchiati come i Ciclostomi, ma in un gruppo eccezionale (*Dipnoi*) vi è una specie di polmone costituito dalla trasformazione di un organo (*vescica natatoria*) che è in rapporto con l'intestino e che negli altri pesci è solo idrostatico (v. fig. 51). Non hanno la bocca circolare, ma a guisa di una fenditura trasversa sostenuta da mandibole. Hanno cranio completamente sviluppato, corda dorsale che persiste anche dopo la formazione della colonna vertebrale. Oltre le pinne impari (dorsali, anali, codali) vi sono due paia di *pinne pari* corrispondenti agli arti degli altri vertebrati (pinne *pettorali* e *ventrali*). Corpo solitamente lungo, compresso, assottigliato alle estremitá (adatto alla locomozione acquatica), ricoperto di squame embricate o anche di placche ossee più o meno grandi. Sono eterotermi, con circolazione semplice e completa (ad eccezione dei *Dipnoi*) ; quasi sempre con sessi separati, ed ovipari. Si possono dividere in quattro sottoclassi : *Condropterigi, Ganoidi, Teleostei, Dipnoi.*

Fig. 292 - Bocca di *Petromyzon marinus.*

Condropterigi — Sono pesci *cartilaginei* con pelle zigrinata (co-

perta di piccolissime squamette ossee appuntite), con bocca ventrale, trasversa; con varie fessure branchiali; con pinna codale eterocerca (a due lobi disuguali), con intestino munito di valvola spirale (v. fig. 52). Comprendono le specie più grandi, come i *pescicani (Charcharias glaucus* ed altri); inoltre i comuni *gattucci (Scyllium canicula* ed altre specie); lo *Spinarolo (Acanthias vulgaris)* apprezzato per le carni; le *razze*, larghe, piatte, romboidali (*Raja clavata* ed altre specie); le *torpedini (Torpedo marmorata* ecc.) con ca-

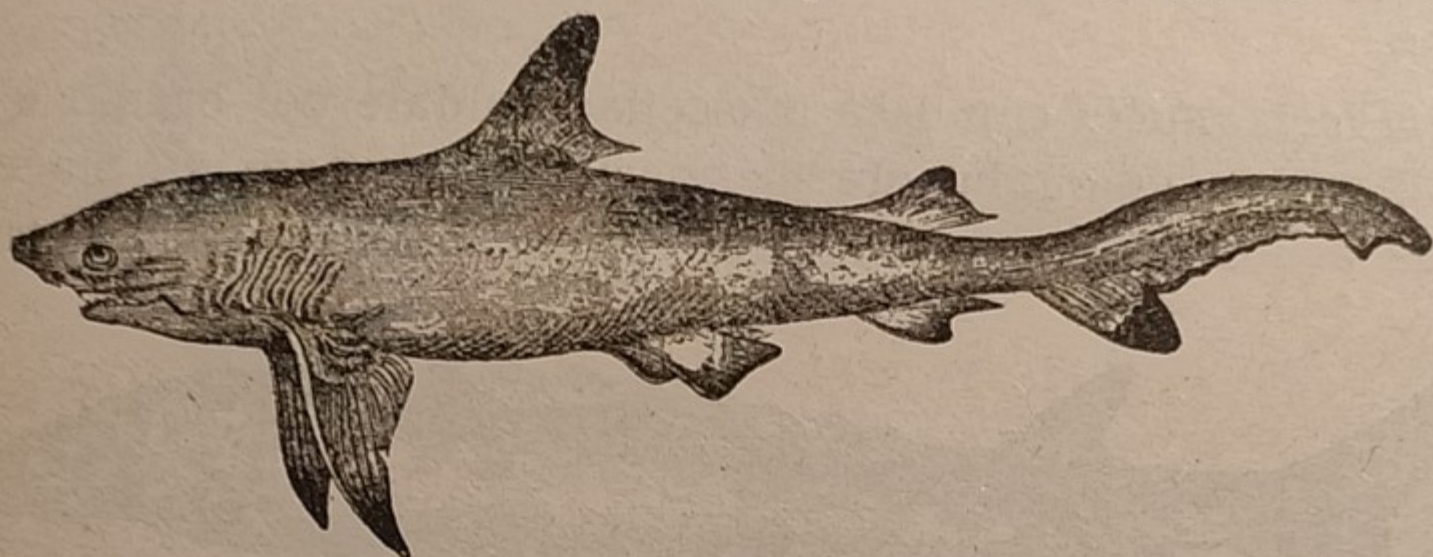



Fig. 293. - Pescecane (*Carcharias glaucus*).

ratteristici organi elettrici offensivi (v. fig. 294), e simili per il resto alle razze, da cui si distinguono superficialmente perchè il loro corpo, anche largo e piatto, non è romboidale ma discoidale.

Ganoidi. — Con forme di passaggio tra le cartilaginee e le ossee; hanno infatti lo scheletro qualche volta cartilagineo ma spesso invece ossificato almeno in parte. Sulla pelle presentano generalmente delle caratteristiche piastre ossee coperte di smalto (da cui il loro nome), indipendentemente dalle scagliette simili a quelle degli altri pesci. Le branchie hanno una sola apertura, con opercolo; la pinna codale è quasi sempre eterocerca, la posizione della bocca variabile. L'intestino ha la valvola spirale come nei pesci cartilaginei, ma nella parte anteriore è in comunicazione con una vescica natatoria che manca invece in quei pesci. Le specie viventi più note sono gli *Storioni* (*Acipenser sturio* ed altre specie, che dal mare sogliono risalire i fiumi per deporre le uova); ma si trovano abbondantissime e svariatissime forme tra i *fossili* anche di terreni molto antichi.

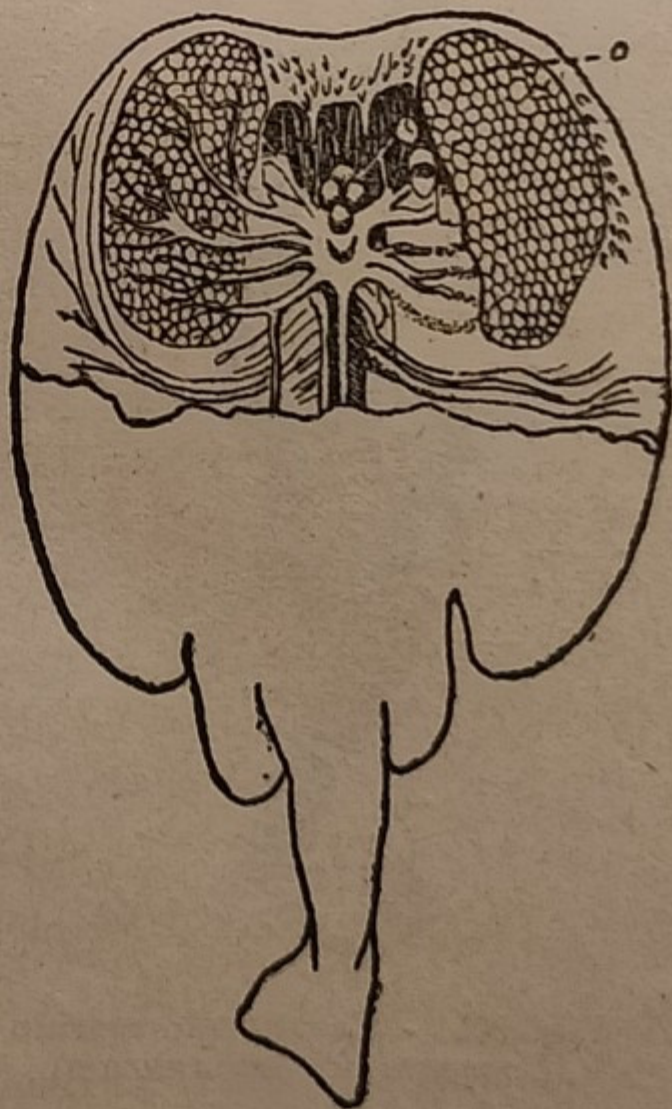



Fig. 294. - Torpedine, con gli organi elettrici in evidenza.

Teleostei. — Sono i tipici *pesci ossei,* che costituiscono l'immensa maggioranza di tutta la classe. Sono generalmente coperti da scaglie embricate; hanno bocca terminale, coda omocerca, branchie con una sola apertura, intestino senza valvola spirale; quasi sempre una vescica natatoria.

Si distinguono generalmente i seguenti ordini:

a) *Lofobranchi;* con le branchie a ciuffo; per es. il *Cavalluccio marino (Hippocampus antiquorum),* dalla coda prensile. (v. figura 296).

b) *Plectognati;* con ossa mascellari saldate col cranio e quindi immobili; corpo generalmente massiccio e corazzato da placche ossee o da aculei; scheletro interno imperfettamente ossificato. Es.

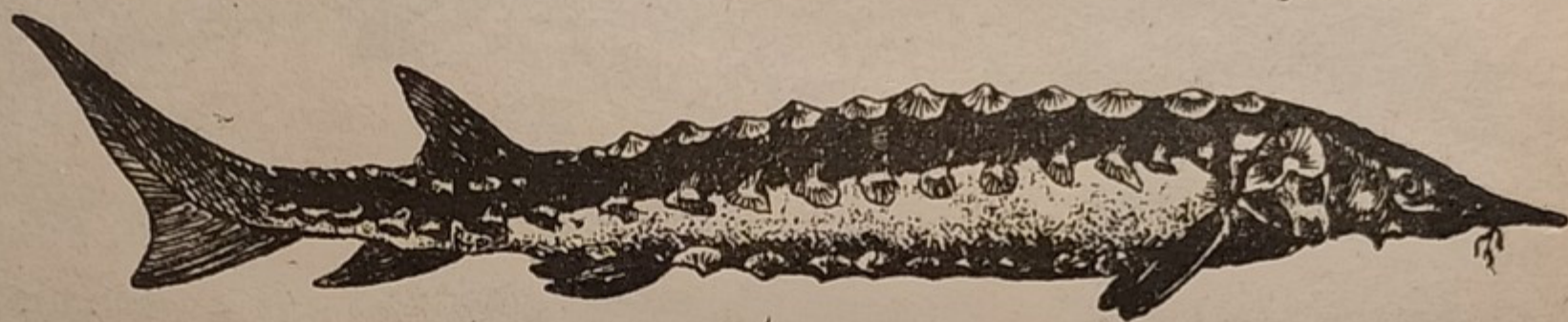



Fig. 295. - Storione (*Acipènser sturio*).

genere *Ostracion* (i cosidetti *Còfani,* con varie specie esotiche, a placche ossee — v. fig. 297); gen. *Diodon (D. hystrix)* globoso e con aculei (nei mari tropicali).

Fig. 297. - *Ostracion triqueter.*

Fig. 296. - Cavalluccio marino (*Hippocampus antiquorum*).

c) *Fisostomi;* caratterizzati specialmente dalla presenza di un *canale aereo* che mette in comunicazione la vescica natatoria con il tubo digerente (v. fig. 51). Hanno le mascelle libere; le pinne ven-

trali mancanti (es. *Anguille*) o collocate notevolmente dietro le pettorali (es. *Luccio, Salmone, Tinca*); i raggi delle pinne dorsali e anali molli (talora uno solo rigido). Esempi: le *Murene* (*Murena helena*), le *Anguille* (*Anguilla vulgaris*) (1) e i *Gimnoti* (*Gymnotus electricus* delle Amazzoni, con organi elettrici), tutti col corpo serpentino; il *Luccio* (*Esox lucius*), la *Tinca* (*Tinca vulgaris*), la *Trota* (*Salmo fario*), la *Carpa* (*Cyprinus carpio*) d'acqua dolce e nostrani;

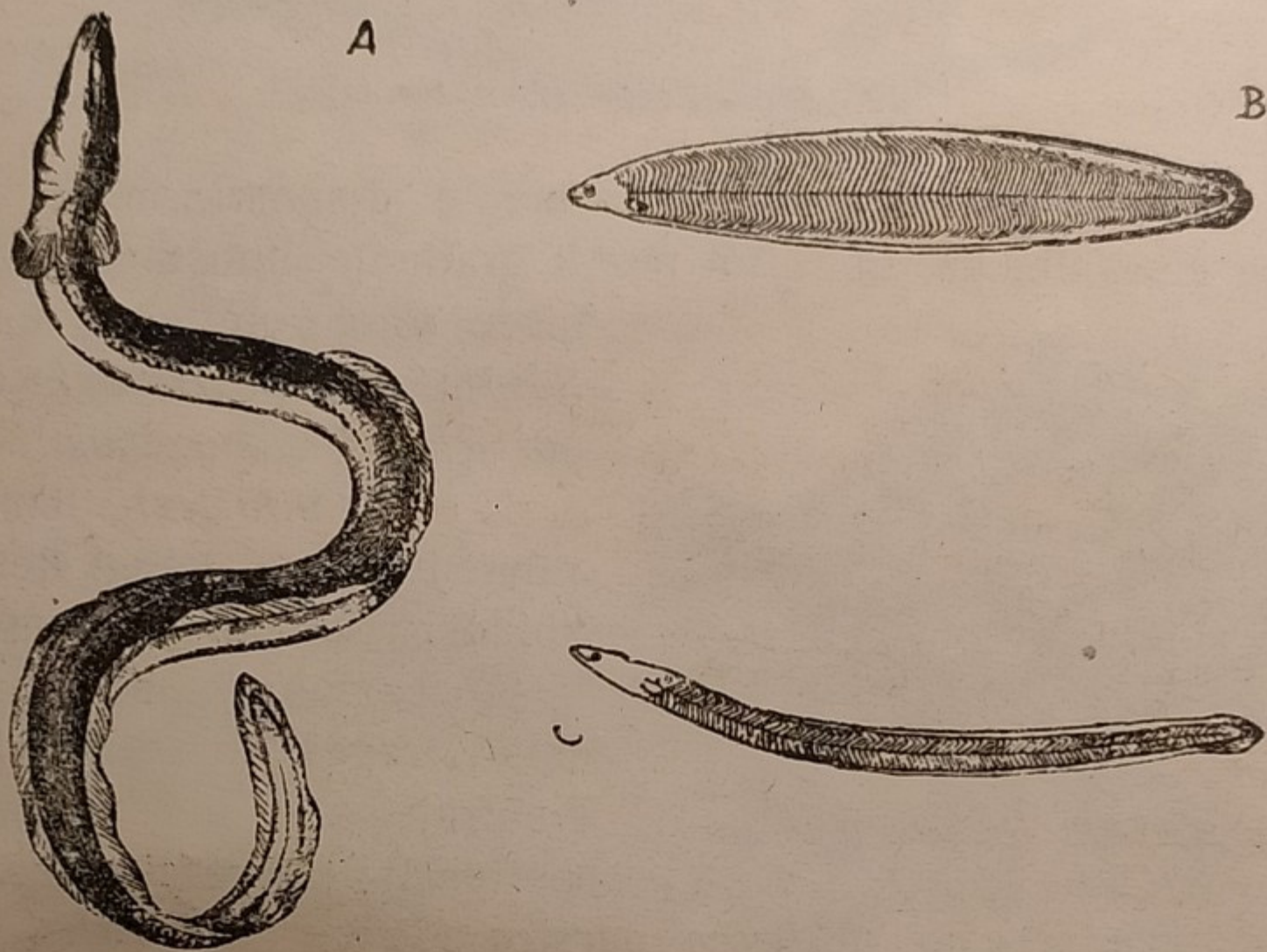



Fig. 298. - *Anguilla vulgaris*: A, forma adulta; B, C, forme giovanili (*Leptocefali*).

il pesce rosso dorato, originario della Cina ma ora diffusissimo fra noi e tenuto in vasche (*Carassius auratus*); l'*Aringa* (*Clùpea harengus*), la *Sardina* (*Alausa pilchardus*), l'*Acciuga* (*Engraulis encrasicholus*), forme marine molto diffuse e notissime.

d) *Anacantini*; con vescica natatoria senza canale aereo, oppure anche mancante del tutto; con raggi delle pinne impari tutti molli; con pinne ventrali solitamente molto avanti, anche prima delle pettorali (v. fig. 300). Come forma di questo gruppo, ma che per le pinne ed altri caratteri si ricollega al gruppo precedente, notiamo il *Pesce volante* (*Exocoetus vòlitans*), con pinne pettorali enormemente sviluppate (fig. 301), che permettono all'animale notevoli salti fuori dell'acqua (Mediterraneo). Notiamo inoltre: il *Merluzzo comune* o *Nasello* (*Merlucius esculentus*) dei nostri mari, e il *Merluzzo ocea-*

---

(1) Interessantissimo è lo sviluppo delle anguille, completamente noto da pochi anni soltanto, per merito precipuo del nostro connazionale il prof. G. B. Grassi della Università di Roma. Mentre la forma adulta è, come si sa, d'acqua dolce, le forme giovanili sono marine (v. fig. 298) e tanto diverse dalle adulte che furono erroneamente considerate come specie distinte (*Leptocefali*).

nico o *Baccalà* (*Gadus morrhua*); e finalmente l'interessante gruppetto dei *Pleuronettidi* (fig. 300) col corpo piatto, asimmetrico (i due

Fig. 299. - Luccio (*Esox lucius*)

occhi che nei giovani sono regolarmente disposti, negli adulti si trovano entrambi da un lato, per il graduale spostamento che subisce uno); ne sono esempi la *Sogliola* (*Solea vulgaris*) e il *Rombo* (*Rhombus maxinus*).

Fig. 300. - *Pleuronectes limanda*.

e) *Acantotteri*; hanno generalmente tutti i raggi delle pinne spinosi (da cui il nome), e in casi eccezionali sono almeno spinosi i raggi anteriori; le pinne ventrali sono più indietro delle pettorali; la vescica natatoria è chiusa. Accenneremo al *Pesce persico* (*Perca fluviatilis*), d'acqua dolce, e allo *Spinarello* (*Gasterosteus aculeatus*) pure d'acqua dolce

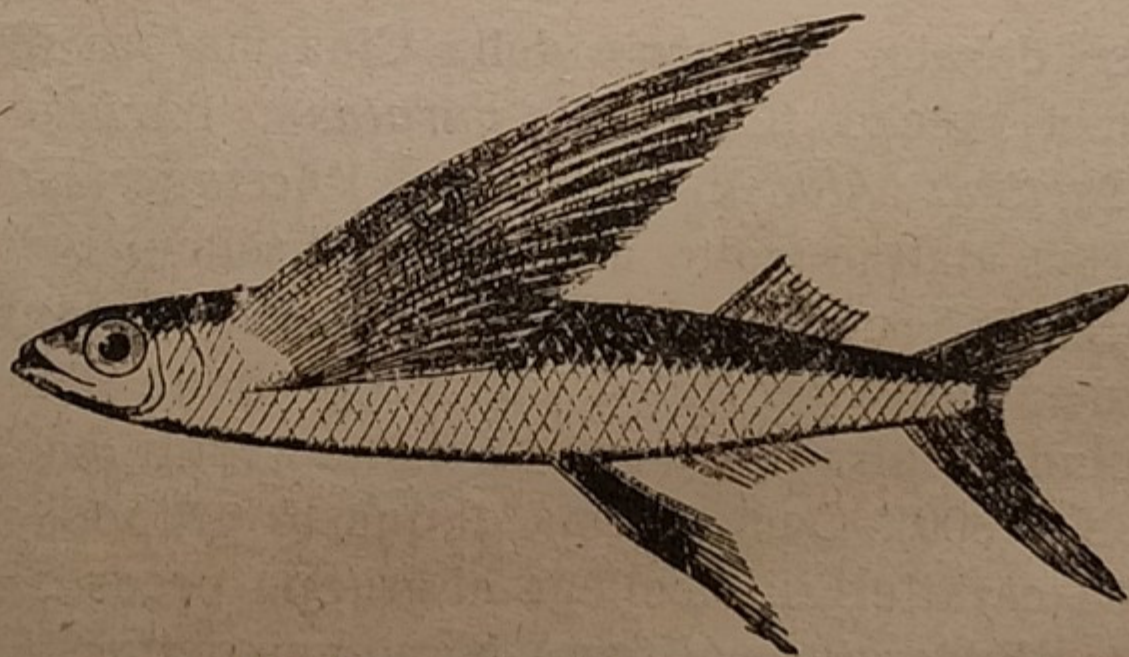



Fig. 301. - *Exocoetus volitans*

e che fa dei caratteristici nidi; al *Muggine* (*Mugil cephalus*), al *Dentice* (*Dentex vulgaris*), alla *Spigola*, detta anche *Branzino* (*Labrax lupus*), al *Tonno* (*Thynnus vulgaris*), alla *Triglia comune* (*Mullus barbatus* — v fig. 126), all'*Orata* (*Crysophrys aurata*), tutti marini con carne molto pregiata; e tra le numerosissime altre specie nomineremo ancora le *Scorpene* (*Scorpaena*) e i *Tràchini* (*Trachinus*) con varie specie notevoli per avere raggi delle pinne dorsali in rap-

porto con ghiandole fortemente velenose; e finalmente qualche forma che rappresenta raro esempio di ermafroditismo tra i vertebrati (*Serranus scriba* ed altre specie, dei nostri mari).

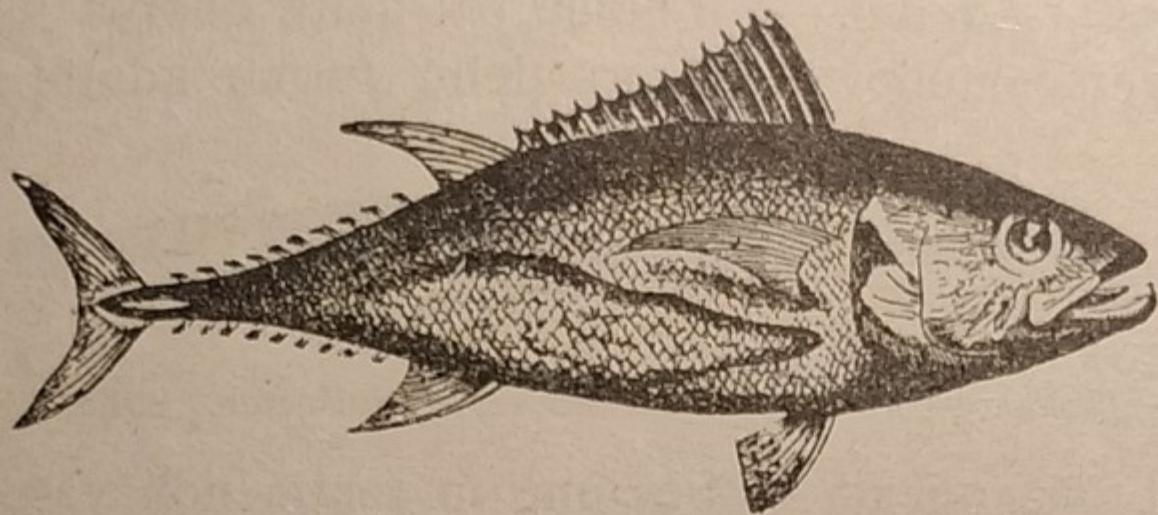



Fig. 302. - Tonno (*Thynnus ulgaris*).

Dipnoi. — In quest'ultima sottoclasse dei Pesci si comprendono delle forme notevolmente divergenti dalle altre, sia per il fatto di avere una o due vesciche natatorie trasformate in *polmoni* (per cui

Fig. 303. - Branzino (*Labrax lupus*).

respirano quando le branchie sono inattive per il prosciugamento dei fiumi in cui vivono), sia per il fatto di avere il cuore e la circolazione simile a quella degli Anfibi (due orecchiette, circolo doppio e incompleto). Ma perchè lo scheletro è in gran parte cartilagineo e molto incompleto, e perchè l'intestino è provvisto di valvola spirale, alcuni zoologi li considerano come più vicini ai pesci inferiori.

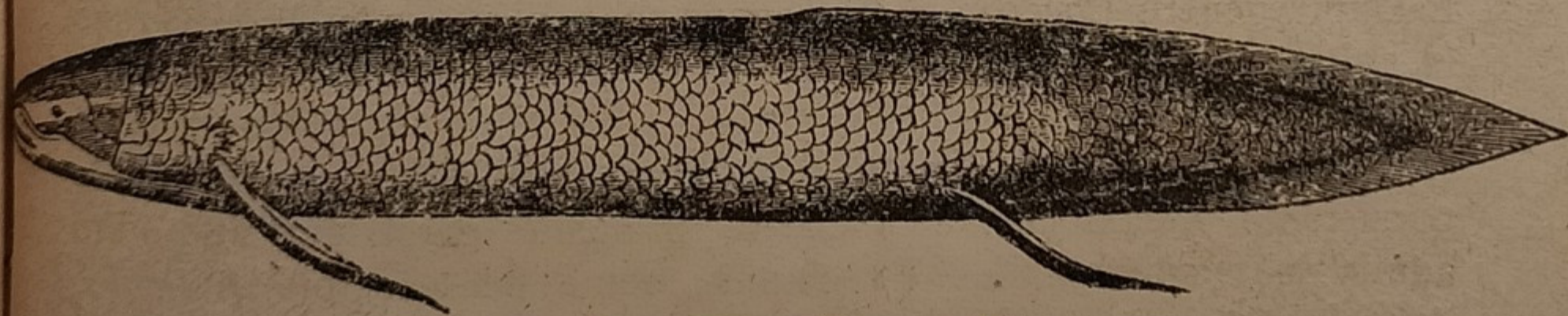



Fig. 304. - *Protopterus annectens* (Dipnoi).

Esempi: *Protopterus annectens* (fig. 304) dei fiumi dell'Africa tro-

picale (con due polmoni), e *Ceratodus Forsteri* dei fiumi australiani, (con un solo polmone v. fig. 70).

CLASSE DEGLI ANFIBII. — Il nome (= dalla doppia vita), vuol alludere al diverso modo di vivere delle forme adulte in confronto

Fig. 305. - *Siphonops mexicana* (anfibio serpentiniforme), molto impiccolito.

alle giovanili; ma questa distinzione in realtà non vale che per alcune forme. E' bensì vero che hanno delle metamorfosi (v. fig. 80), per cui le larve sono sempre branchiate e senza zampe, mentre le forme adulte sviluppano polmoni e due paia di zampe (potendo talvolta stare fuori dell'acqua); ma spesso anche gli adulti conservano le branchie e vivono costantemente nell'acqua. Le larve si distinguono anche per avere il cuore a due cavità (invece di tre) e la circolazione semplice e completa (invece che doppia e incompleta). Salvo il piccolo gruppo degli *Apodi*, la pelle degli Anfibii è nuda e con numerose ghiandole, talora velenifere. Sono a sessi separati e generalmente ovipari. Si dividono nei tre ordini seguenti:

Fig. 306. - *Triton cristatus*.

Apodi. — Sono serpentini, senza arti (da cui il nome) anche allo stato adulto, e con la pelle rivestita di piccole squame ossee che ricordano quelle molto più grosse di certi anfibii fossili (*Stegocefali*). Hanno la corda dorsale persistente come quella dei pesci. Esempi: genere *Coecilia* e *Siphonops* (con varie specie che vivono in gallerie sotterranee, nutrendosi di larve d'insetti. America meridionale — v. fig. 305).

Urodeli. — Adulti con brevi arti (talora solo gli anteriori) e coda persistente. Alcuni hanno anche le branchie persistenti allo stato adulto (pur sviluppandosi i polmoni), come per esempio, il *Proteo delle caverne* (*Proteus anguinus*); i più hanno le branchie caduche, come le *Salamandre* (*Salamandra maculosa* ed altre specie, a coda cilindrica, terrestri), e i *Tritoni* (*Triton cristatus* ed altri, a coda compressa, d'acqua dolce v. fig. 306).

Anuri. — Adulti senza coda, con arti bene sviluppati (specialmente i posteriori), branchie caduche. Notevoli: il *Pipa americano*, senza lingua, con le larve che si sviluppano in piccole nicchie sulla pelle dorsale della madre; la *Rana comune* (*Rana esculenta*) e il *Rospo*

comune (*Bufo vulgaris*) con dita appuntite; la *Raganella* (*Hyla arborea*) con dita terminate da dischetti adesivi (fig. 307); la forma adulta vive sugli alberi.

CLASSE DEI RETTILI. — Hanno la pelle rivestita tipicamente di scaglie cornee, talora anche rafforzata da piastre ossee. Hanno di

Fig- 307. - Raganeila (*Hyla arborea*).

Fig. 308. - Camaleonte (*Chamaeleo vulgaris*).

solito due paia di arti mediocremente sviluppati, e talora rudimentali o mancanti. Sono ancora eterotermi ed a circolazione doppia ed incompleta, ma polmonati fin dall'origine. Ovipari e senza metamorfosi. Trascurando gruppi minori d'incerta posizione sistematica si possono dividere nei quattro ordini seguenti: *Sauri, Ofidii, Chelonii* e *Loricati.*

Sauri. — Hanno la pelle coperta di sole squame; quattro arti che qualche volta si rendono rudimentali, ma esistono sempre i cingoli e quasi sempre lo sterno. Occhi con palpebre distinte. Esempi le comuni *Lucertole* (*Lacerta muralis* ed altre specie) e il *Ramarro* (*Lacerta viridis*) forme nostrane di modeste dimensioni; i *Varani* (*Monitor niloticus* ed altri, d'Africa, e d'Asia) e le *Iguane* (*Iguana tubercolata* ed altre specie dell'America tropicale, che si mangiano) molto più grandi, ánche due metri; il *Camaleonte* (*Chamaeleo vulgaris*), notevole per la lingua lunga, estroflessibile, ingrossata all'estremità, atta a catturare insetti, e caratterizzato anche dalla coda prensile, e dalla palpebra anulare (Spagna meridionale ed Africa); il *Geco* (*Platydactylus mauritanicus*) con delle specie di ventose alle dita; il *Drago* di Giava (*Draco volans*) con coste sporgenti che sostengono una membrana alata, dilatazione della pelle; la *Seps chalcides* con gli arti brevissimi; gli *Pseudopus*, i *Pygopus* e simili

(fig. 309) con le sole zampe posteriori e molto rudimentali; l'*Orbettino* (*Anguis fragilis*) comunissimo e senza zampe del tutto; finalmente le *Anfisbene* (*Amphisbaena alba*) ed altre, dell'America meridionale) non solo senza zampe, ma con cingolo toracico rudimen-

Fig. 310. - ***Pterodactylus crassirostris*** (sauro fossile alato)

Fig. 309. - ***Pygopus lepidopus*** sauro serpentiforme).

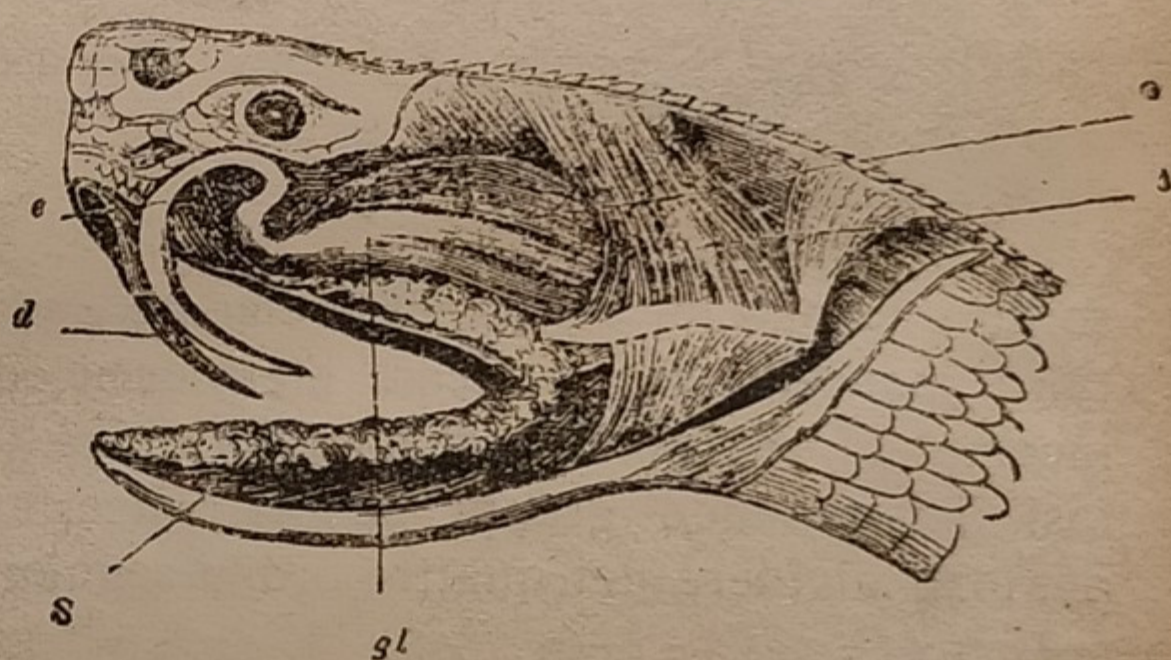



Fig. 311. - Denti e ghiandole del veleno in un serpente (*Crotalus*), *s*, ghiandola salivale; *gl*, ghiandola del veleno; *e*, suo condotto escretore; *d*, dente del veleno.

tale, e senza sterno, notevoli anche per la pelle nuda. Si hanno fra i Sauri innumerevoli forme *fossili*, fra cui i giganteschi *Dinosauri* (es. *Iguanodon*, e *Brontosaurus*), e gli alati *Pterosauri* (fra cui lo *Pterodactylus*, a coda rudimentale v. fig 310).

Ofidii (*Serpenti*). — Hanno la pelle come i Sauri, ma il corpo cilindrico e privo di arti, salvo rare eccezioni di arti posteriori molto rudimentali (es. *Boa*); privi sempre di cingolo toracico, di sterno, di vere palpebre. Hanno lingua bifida, prottrattile, e bocca molto dilatabile, perchè la mandibola è divisa in due parti congiunte da un semplice legamento. Parecchie specie sono velenose (fig. 311) come il *Serpente a sonagli* (*Crotalus horridus*) dell'America meridionale, noto anche per un particolare apparecchio sonoro all'estremità della

coda), e le *Vipere* nostrane (*Vipera aspis, Pelias berus*). Tra le specie non velenose nomineremo i giganteschi *Boa* del Brasile (*Boa constrictor* che sta sugli alberi, ed *Eunectes murinus* che vive nei

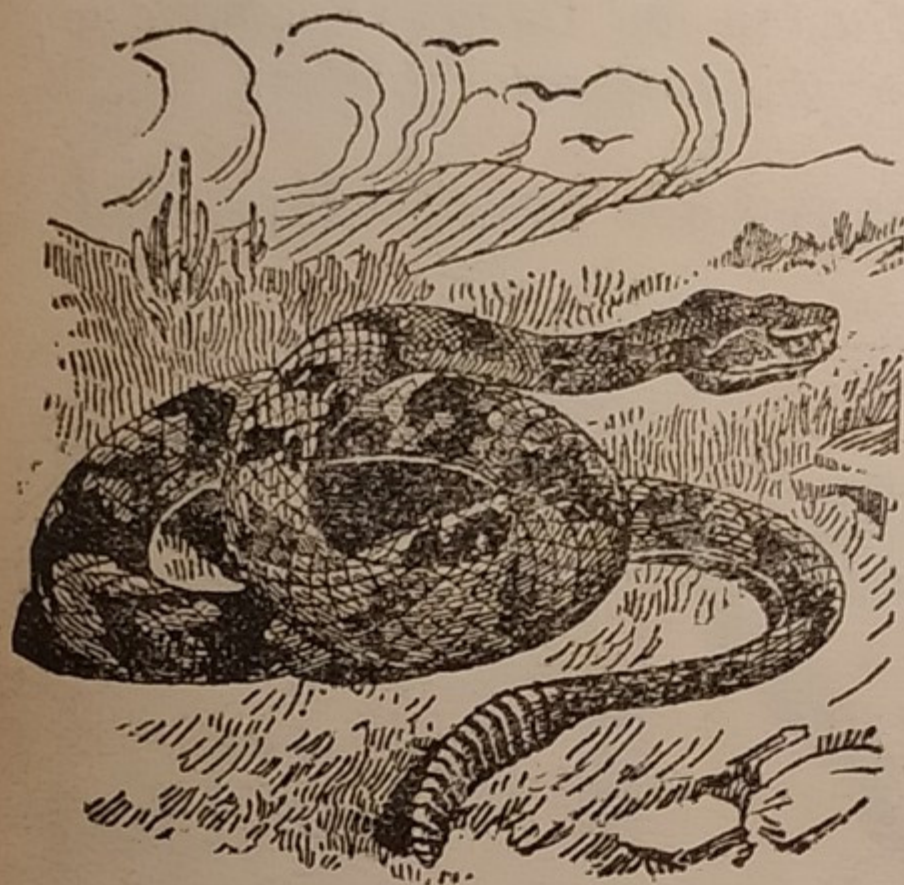



Fig. 312 - Serpente a sonagli (*Crotalus horridus*)

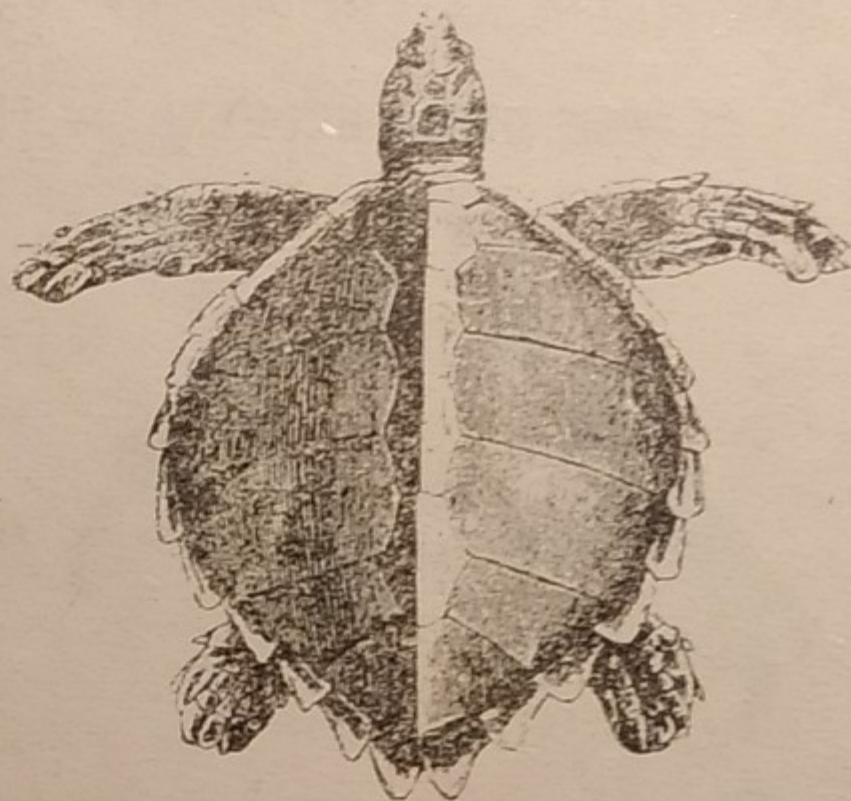



Fig 313. - *Thalassochelys caretta* (grande testuggine marina).

fiumi; la nostra *Biscia d'acqua* (*Tropidonotus natrix*) e i nostri comunissimi *colubri* (*Zamenis viridiflavus* ed altri). Accenneremo finalmente ad un gruppo di *serpenli marini* (dell'Oceano Indiano), velenosi, vivipari: es. i generi *Platurus* ed *Hydrophis*, con varie specie.

Chelonii. — (*Testuggini*). Hanno il corpo raccorciato, rivestito di scaglie e protetto da una grossa scatola ossea, come già sappiamo

Fig. 314. - Coccodrillo (*Crocodilus vulgaris*).

(v. figura 115 e 313). Quattro arti tozzi (pinniformi nelle specie acquatiche). Mascelle senza denti, rivestite di uno strato corneo. Esempi: *Testudo graeca* (terrestre), *Emys europaea* (palustre), *Chelòne embricata, Thalassochelys caretta* (marine, di grandi dimensioni).

Loricati (*Idrosauri*). — Grossi rettili acquatici con placche ossee sulla pelle dorsale; quattro arti, denti alveolati, cuore con quattro cavità, ma circolazione tuttavia incompleta. Esempi: il *Coccodrillo del Nilo* (*Crocodilus vulgaris*), il *Gaviale del Gange* (*Rhamphostoma gangeticum*), il *Caimano del Mississipì* (*Alligator lucius*).

CLASSE DEGLI UCCELLI. — Hanno gli arti anteriori trasformati in

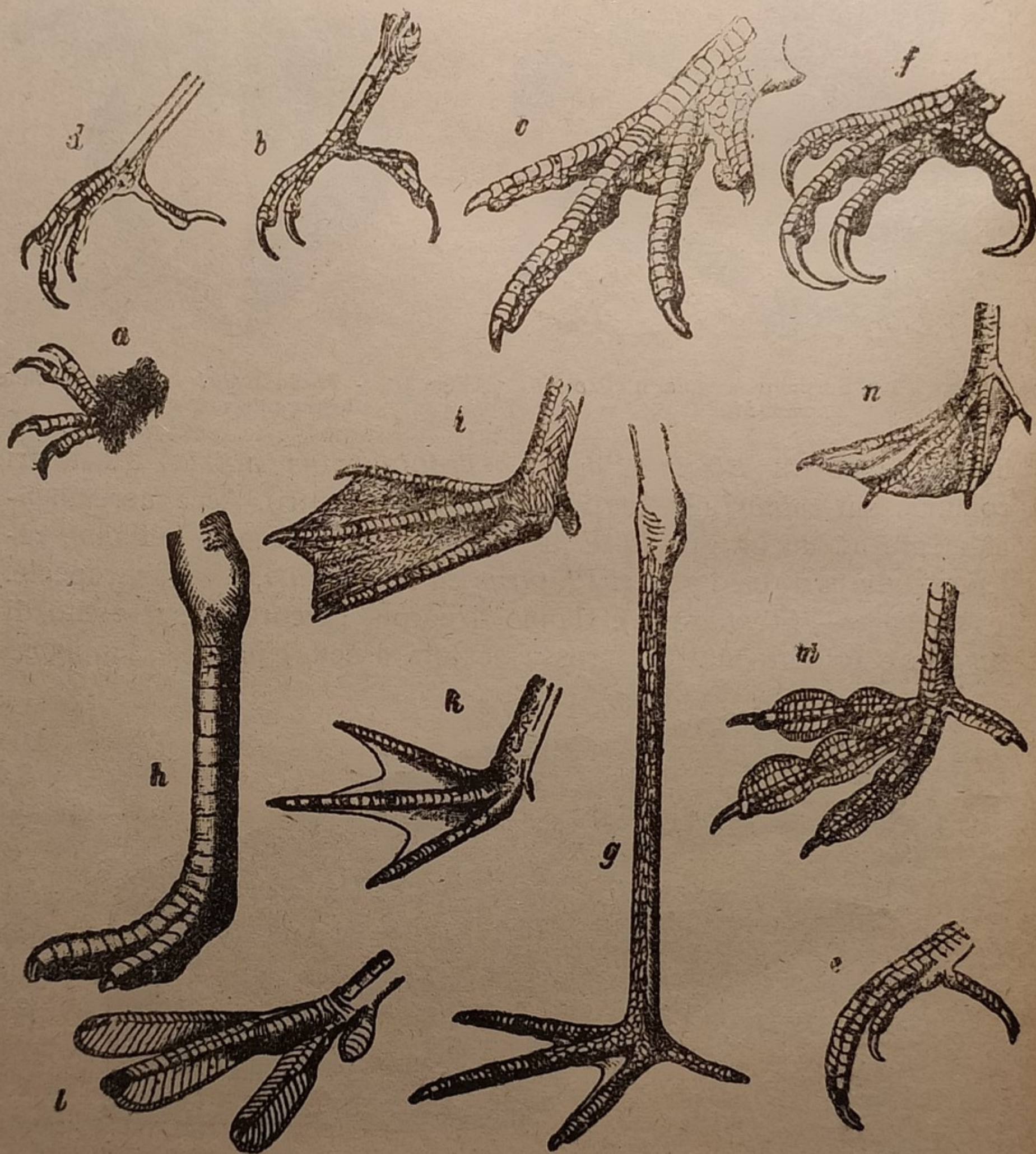



Fig. 315. - Piedi tipici di uccelli: *a*, piede di *Rondone*; *b*, di *Picchio*; *c*, di *Fagiano*: *d*, di *Tordo*; *e*, di Martin pescatore; *f*, di *Falco*; *g*, di *Mycteria* (Trampolieri); *h*, di *Struzzo*; *i*, di *Smergo*, *k*, di *Avocetta*; *l*, di *Svasso*; *m*, di *Folaga*: *n*, di *Fetonte* (da Cuvier)

ali (v. fig. 111); le mascelle prive di denti (con eccezioni tra i fossili v. fig. 112) e prolungate da un becco corneo. Corpo coperto di piume (*cornee*). Polmonati; omotermi, con circolazione doppia e com-

pleta; ovipari. Vi sono molte incertezze per la classificazione; provvisoriamente può ancora essere adottata la notissima classificazione

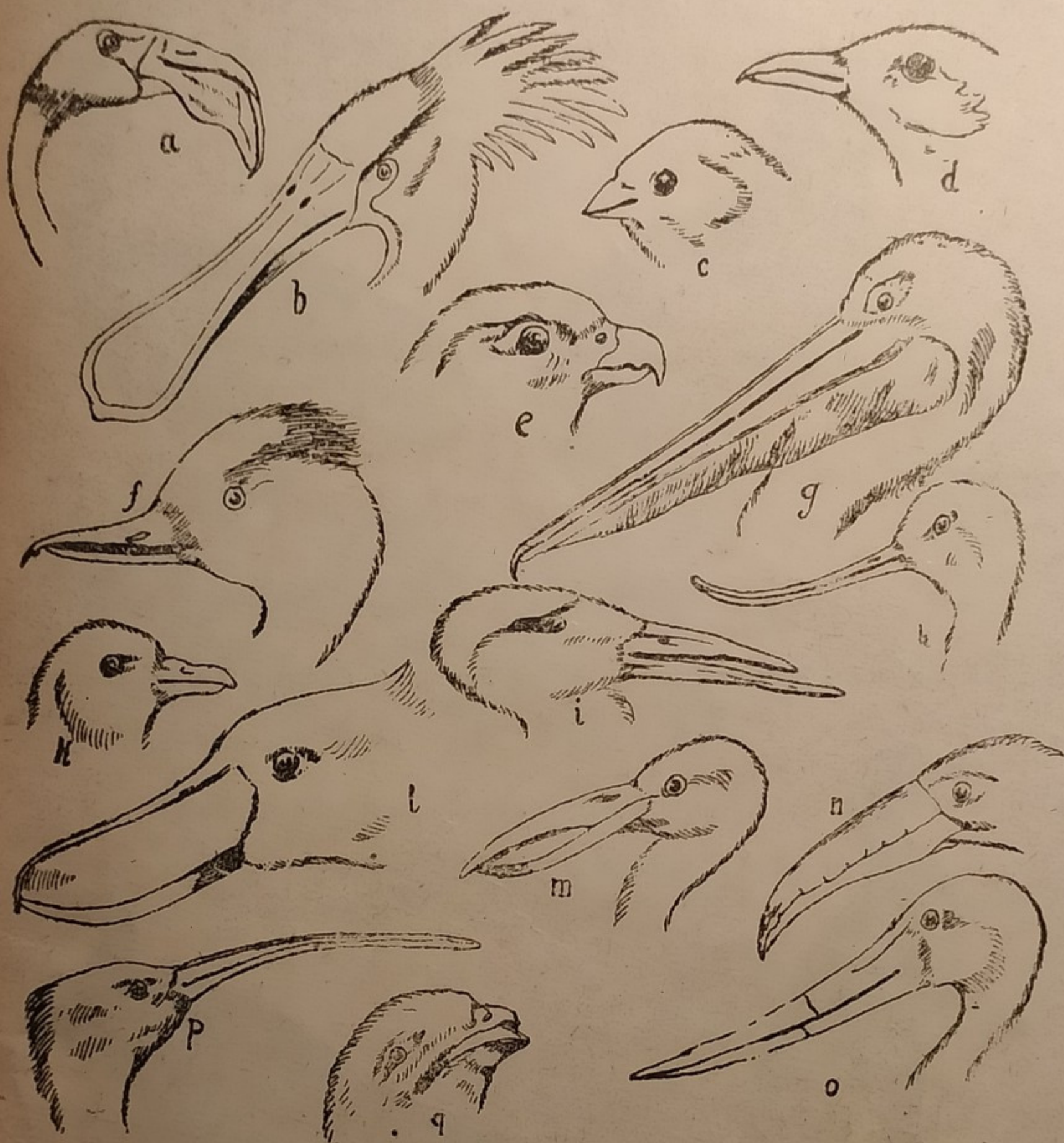



Fig 316. - Becchi tipici di Uccelli: *a*, di *Fenicottero*; *b*, di *Spâtola*; *c*, di *Zigolo giallo*; *d*, di *Tordo*; *e*, di *Falco*; *f*, di *Smergo*; *g*, di *Pellicano*; *h*, di *Avocetta*; *i*, di *Rhynchops* (Palmipedi); *k*, di *Piccione*; *l*, di *Balaeniceps* (Trampolieri); *m*, di *Anactomus* (Trampolieri); *n*, di *Pteroglossus* (Rampicanti); *o*, di *Mycteria*; *p*, di *Falcinellus* (Trampolieri); *q*, di *Rondone*.

fondata soprattutto sui caratteri molto variabili dei tarsi, delle dita dei piedi, del becco (vedi fig. 315-316). Così distingueremo gli ordini seguenti:

Corridori. — Uccelli generalmente grandi, a zampe robuste con tre o due dita soltanto; ad ali ridotte, inette al volo; a sterno piatto. Esempi: il *Kivi* della nuova Zelanda (*Apteryx australis*) e quello della Tasmania (A. *Oweni* fig. 317), con ali molto rudimentali e tre dita; il notissimo *Struzzo* d'Africa (*Struthio camelus*) con due dita sole; il *Casuario* (*Casuarius galeatus*) della Malesia, della N.

Guinea e dell'Australia, con tre dita e una protuberanza cornea sul capo (fig. 318); il *Nandù* d'America (*Rhea americana*) anch'esso con

Fig. 317. - *Apteryx Oweni.*

Fig. 318. - Casuario (*Casuarius galeatus*).

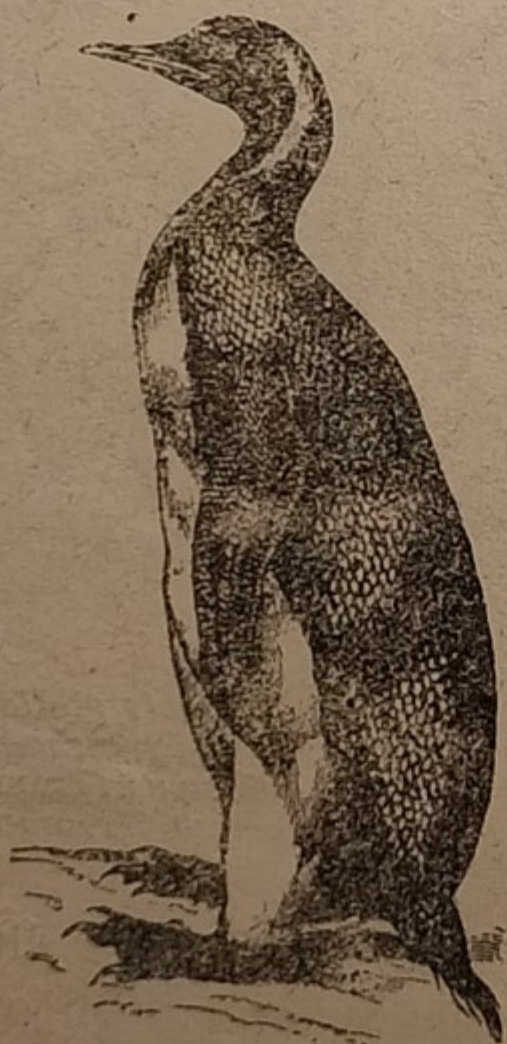



Fig. 319. - Pinguino (*Aptenodytes patagonica*).

Fig. 320. - Fregata (*Tachypetes aquila*).

tre dita e più simile allo Struzzo. Appartengono pure a quest'ordine alcune forme *fossili* gigantesche (es. *Dinornis*).

Nuotatori (palmipedi). — Uccelli acquatici, coi piedi palmati, e con le zampe spesso molto all'indietro. Comprendono numerose e svariatissime forme, tra cui: il *Pinguino della Patagonia* (*Aptenodytes*

patagonica), con ali pinniformi e piume dorsali squamose; la *Procellaria* (*Procellaria pelagica*), la *Fregata* (*Tachypetes aquila*), i *Gabbiani* (*Larus ridibundus* ed altri), tutti marini ed eccellenti volatori; il *Pellicano* (*Pelecanus onocrotalus*) con grossa tasca mem-

Fig. 321. - Pellicano (*Pelecanus onocrotalus*).

Fig. 322. - Airone (*Ardea cinerea*).

branosa sotto il becco; l'*Anatra selvatica* (*Anas boschas*) e l'*Oca selvatica* (*Anser cinereus*) con varietà domestiche; le varie specie di

Fig. 323. - Quaglia (*Coturnix dactylisonans*).

Cigni (*Cygnus olor*, ecc.); il *Fenicottero* (*Phoenicopterus antiquorum*) che è comune in Sardegna, e segna un passaggio ai Trampolieri per le sue lunghissime zampe.

Trampolieri (Gralle). — Con tarsi lunghi e nudi, e becco anche lungo; dita spesso palmate in parte. Vivono nelle acque o nelle vicinanze almeno. Esempi: l'*Airone comune* (*Ardea cinerea*), la *Cicogna* (*Ciconia alba*), la *Gru* (*Grus cinerea*), l'*Ibis religiosa*, idolo degli antichi egiziani, tutti trampolieri tipici; poi la *Pavoncella* (*Vanellus cristatus*) e la *Beccaccia* (*Scolopax rusticola*) che si scostano alquanto dalle forme tipiche per avere le zampe ed il collo relativa-

Fig. 324. - Pavone (*Pavo cristatus*), maschio.

mente corti; finalmente la *Fòlaga* (*Fulica atra*) che si scosta anche di più avvicinandosi ai Palmipedi, per avere membrane lobate alle dita (fig. 315), forma tozza, a becco relativamente corto.

Gallinacei. — Uccelli terrestri ad ali non molto lunghe, a becco robusto e leggermente incurvato all'apice; zampe mediocremente sviluppate ma robuste, dita anteriori con brevissima membrana basale intercalata. Con prole precoce. Comprende molte forme domestiche, come il pollo comune (*Gallus domesticus*) derivato da una forma selvatica delle Indie orientali (*Gallus bankiva*), il *Tacchino* (*Meleagris gallopavo*) originario d'America, il *Pavone* (*Pavo cristatus*) originario dell'Asia, con meraviglioso piumaggio nel maschio; la *Gal-*

lina faraona (*Numida meleagris*); i *Fagiani* (*Phasianus cólchicus* ed altre specie bellissime); e tra le forme selvatiche: il *Gallo di montagna* (*Tetrao urogallus*), le *Pernici* (*Perdix cinerea* ed altre specie), e la *Quaglia* (*Coturnix dactylisonans*).

Fig. 325. - Piccione torraiolo (*Columba livia*). Fig. 326. - Ara (*Sittace severa*).

Colombi. — Con becco debole provvisto di ceroma presso le narici, ali discretamente sviluppate, zampe brevi e deboli, con quattro dita, tre avanti e uno dietro, allo stesso livello, Es. il *Piccione torraiolo* (*Columba livia*) da cui derivano le forme domestiche, la *Tortora* (*Turtur auritus*), il *Colombaccio* (*Palumbus torquatus*).

Fig. 327. - Picchio nero (*Dryocopus martius*).

Rampicanti. — Con due dita avanti e due dietro, o almeno con uno versatile (atti a rampicare ; becco di varia forma ma robusto. Del resto comprendono forme molto eterogenee, separate oramai nelle classificazioni recenti Notevoli: i *Pappagalli*, con parecchi generi e specie, con becco breve e ricurvo e lingua carnosa, per es. l'*Ara* (*Sittace severa* del Brasile ed altre), il Pappagallo verde delle Amazzoni *(Chrysotis amazonica)*, il *Pappagallo grigio* dell'Africa occidentale (*Psittacus erithacus*); i *Picchi*, con becco diritto, lingua protrattile uncinata alla estremità;

es. il *Picchio verde* (*Picus viridis*), il *Picchio nero* (*Dryocopus martius*) ed altri; i *Tucani* del Brasile, dal becco diritto, grandissimo (*Rhamphastus* varie specie); i *Cucùli*, col quarto dito versatile e becco debole, (*Cuculus canorus*) ed altri.

Passeracei. — Costituiscono l'ordine più numeroso di tutti gli uccelli ed anche il più eterogeneo, tanto che non è possibile indicare un carattere loro esclusivo e comune a tutti. Generalmente sono di piccole o mediocri dimensioni, hanno quattro dita, di cui uno solo è posteriore (qualche volta, come nei *rondoni*, nemmeno questo), e le due esterne sono di solito saldate insieme alla base. Hanno una specie di seconda laringe che serve al canto (specialmente nei maschi); il becco, senza ceroma, di forme svariatissime, dà notevoli caratteri per la distinzione dei sottordini: *levirostri, tenuirostri, fissirostri, dentirostri, conirostri.*

a) *Levirostri*, con becco grande ma debole; per es. il *Bucero*

Fig. 329. - Uccello mosca.

Fig. 328 - Bucero rinoceronte (*Buceros rhinoccros*).

(*Bùceros rhinoceros*) della Malesia; il *Martin pescatore* (*Alcedo ispida*) nostrano.

b) *Tenuirostri*, con becco lungo e sottile; per es. l'*Upupa* nostrana (*Upupa epops*), ed i *Colibrì* od *Uccelli mosca*, molto piccoli e di bellissimo piumaggio, con molte specie, tutte americane (*Tròchilus còlubris, Lampornis mango* ecc.).

c) *Fissirostri*, con becco breve ed aperto fin sotto gli occhi, e zampe anche brevi e deboli; per es. la *Rondine di città* o *Balestruc-*

cio (*Chelidon úrbica*), la *Rondine di campagna* (*Hirundo rustica*), il *Rondone* (*Cypselus apus*), e il *Succiacapre* (*Caprimulgus europaeus*).

d) *Dentirostri*, con becco di varia forma e grandezza ma robusto, e con un dente marginale caratteristico presso l'apice della

Fig. 330. - Rondone (*Cypselus apus*). Fig. 331. - Uccello di paradiso (*Paradisea*).

mascella superiore; per es. le *Averle* (*Lanius*, varie specie), veramente tipiche del gruppo; a cui si uniscono generalmente altre forme alquanto divergenti, come i *Corvi* (*Corvus corax* ed altri), la *Gazza* (*Pica caudata*), la *Ghiandaia* (*Garrulus glandarius*), gli *Uccelli di Paradiso* (*Paradisea apoda* ed altri), il *Merlo* (*Turdus merula*), lo *Storno* (*Sturnus vulgaris*), l'*Usignuolo* (*Lusciola luscinia*).

Fig. 332. - Fringuello (*Fringilla coelebs*).

e) *Conirostri*, uccelli piccoli con becco breve, conico, forte; numerosissimi. Esempi: l'*Allodola (Alauda arvensis)*, il *Cardellino (Carduelis elegans)*, il *Fringuello (Fringilla coelebs)*, il *Canarino (Pyrrhula canaria)*, il *Passero nostrano (Passer Italiae)*, il *Becco in croce (Loxia curvirostra)*.

Rapaci. — Per lo più grandi, con becco adunco ed artigli forti, e con gambe quasi interamente coperte di piume. Si suddividono in diurni e notturni. Fra i *diurni* (con occhi laterali) nomineremo l'*Aquila reale (Aquila chrysaetus)*, il *Grifone (Gyps fulvus)*, e l'*Avol-*

Fig. 333. - Aquila reale (*Aquila chrysaetus*).

Fig. 334 Gufo reale (*Bubo maximus*).

toio degli agnelli (Gypaetus barbatus), forme nostrane e di grandissime dimensioni; inoltre il *Condor americano (Sarcorhamphus gryphus)*, il *Serpentario (Gypogeranus serpentarius)* forma eccezionale africana, con le gambe lunghe, i tarsi nudi, la coda lunghissima; i *Falchi (Falco*, varie specie), le *Poiane* (*Buteo*, varie specie), lo *Sparviero (Accipiter nisus)*, forme nostrane di mediocre grandezza. Fra i *notturni* (con occhi anteriori): il *Gufo reale (Bubo maximus)*, il *Barbagianni (Strix flammea)*, la *Civetta* (*Athene noctua)*, l'*Assiolo (Asio scops)*.

CLASSE DEI MAMMIFERI. — Con due paia di arti generalmente di uguale aspetto; corpo rivestito di peli; mascelle con denti alveolati; femmine con ghiandole mammarie per l'allattamento dei piccoli. Organi di respirazione e di circolo come negli uccelli. Quasi tutti vivipari Si suddividono in tre sottoclassi: *Monotremi, Marsupiali, Placentali.*

Monotremi. — Come nelle classi dei vertebrati precedenti esiste ancora una *cloaca* terminale, dove hanno sbocco l'intestino, gli ureteri e i condotti sessuali. Sono anche mammiferi eccezionali per essere privi di denti, per avere un caratteristico becco, le mammelle

senza capezzolo, e per essere *ovipari*. Hanno ossa marsupiali nel bacino (v. fig. 106), e la femmina dell'*Echidna* ha pure una piccola borsa ventrale (marsupio) come nell'ordine seguente. Esempi: l'*Ornitorinco (Ornithorhynchus paradoxus)* e l'*Echidna (Echidna hystrix* e qualche altra specie affine) forme rare, australiane.

Fig. 335. - Ornitorinco (*Ornithorynchus paradoxus*).

Marsupiali — Con la caratteristica borsa ventrale nelle femmine *(marsupio)* in cui si completa lo sviluppo dei piccoli (v. fig. 336). Mammelle con capezzolo; privi di cloaca, e con aperture uro-genitali distinte. Dentatura da latte persistente. Vivipari.

Fig. 336. - Canguro gigante (*Macropus giganteus*).

Comprendono forme carnivore come le *Sarighe*, americane (*Didelphys*, varie specie), di cui alcune hanno il marsupio incompleto; e forme erbivore come i *Canguri* dell'Australia *(Macropus giganteus* ed altre specie), notevoli per gli arti posteriori molto più sviluppati e atti al salto (fig. 336).

Placentali. — Mammiferi superiori, privi di cloaca e di marsupio. Utero (organo femminile interno, cavo, dove si sviluppano i piccoli) rivestito internamente da una membrana vascolarizzata (*placenta*) per cui è nutrito l'embrione. Dentatura varia, molto importante per la distinzione dei numerosi ordini a cui brevemente accenneremo.

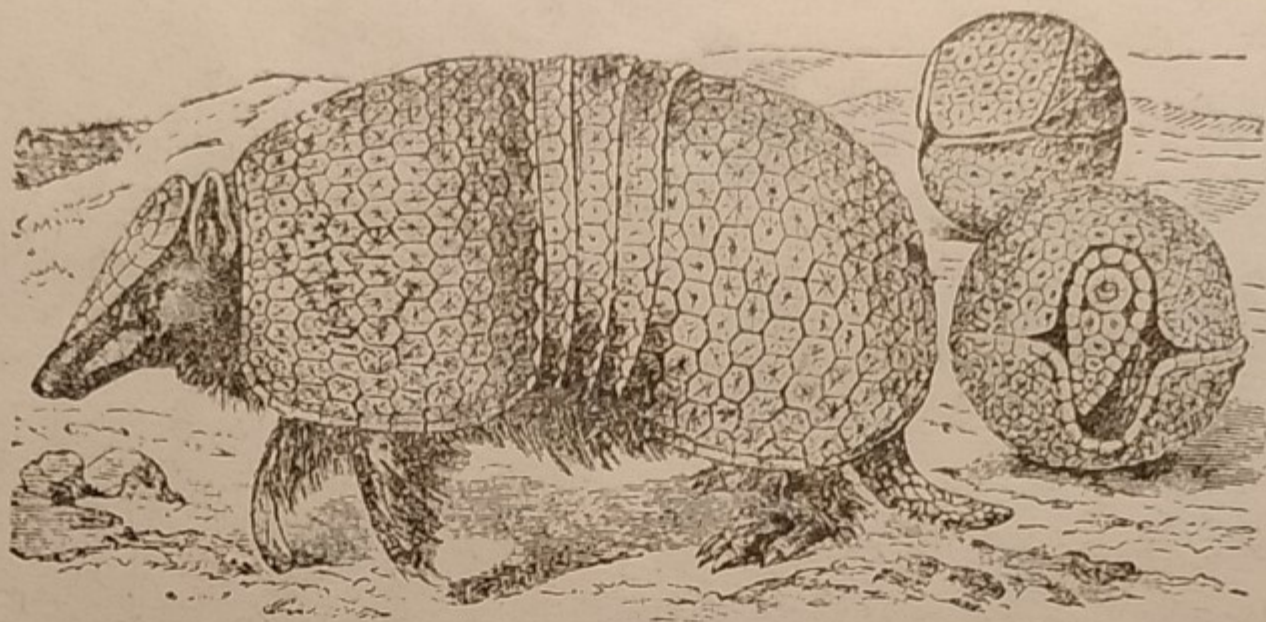



Fig. 337. - Armadillo. (*Dasypus tricinctus*).

Sdentati. — Non sono tutti senza denti come il nome farebbe credere, ma hanno sempre dentatura incompleta, priva almeno d'incisivi, ed i denti presenti sono senza smalto. Esempi: gli *Armadilli,* americani (*Dasypus* ed altri generi) col corpo rivestito di corazza ossea, e

Fig. 338. - Formichiere (*Myrmecophaga jubata*).

capaci di arrotolarsi a palla (si hanno forme fossili molto grandi del genere *Glyptodon*); i *Pangolini*, africani ed indiani (*Manis*, varie specie) col corpo rivestito di squame cornee embricate; il *Formichiere (Myrmecophaga jubata)* dell'America tropicale, con la lingua lunga protrattile; i *Bradipi* (*Bradypus*, varie specie) anche americani, con lunghe unghie falciformi e coda rudimentale, atti alla vita arborea; alcune forme fossili gigantesche come i *Megatherium.*

Cetacei. — Marini, d'aspetto pisciforme ma con pinna codale oriz-

zontale; corpo non rivestito di peli, arti anteriori trasformati in pinne, arti posteriori mancanti. Alcuni hanno denti conici ma di una sola specie (senza dentatura da latte); es: i *Delfini (Delphinus delphys* ed altre specie), il *Narvalo (Monodon monoceros)* dei mari artici, che presenta, nei maschi, un dente colossale che si spinge

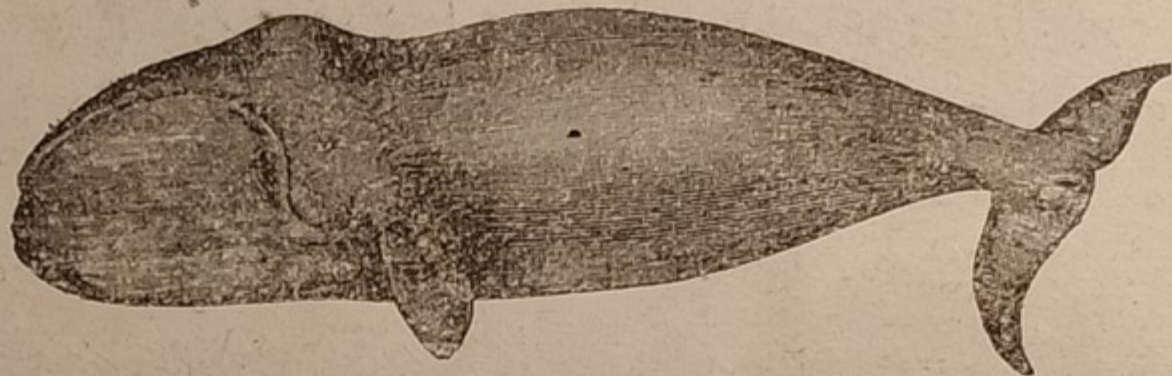



Fig. 339. - Balena.

anteriormente come una lunga asta, il *Capodoglio (Physeter macrocephalus*) gigantesco, con enorme quantità di un grasso speciale (spermacete); altri cetacei sono privi di denti, ed hanno invece nella bocca molte lamine cornee o *fanoni* (fig. 340, e anche 104 e 107); sono tutte forme colossali, per es. i generi *Balaena* e *Balaenoptera* con varie specie.

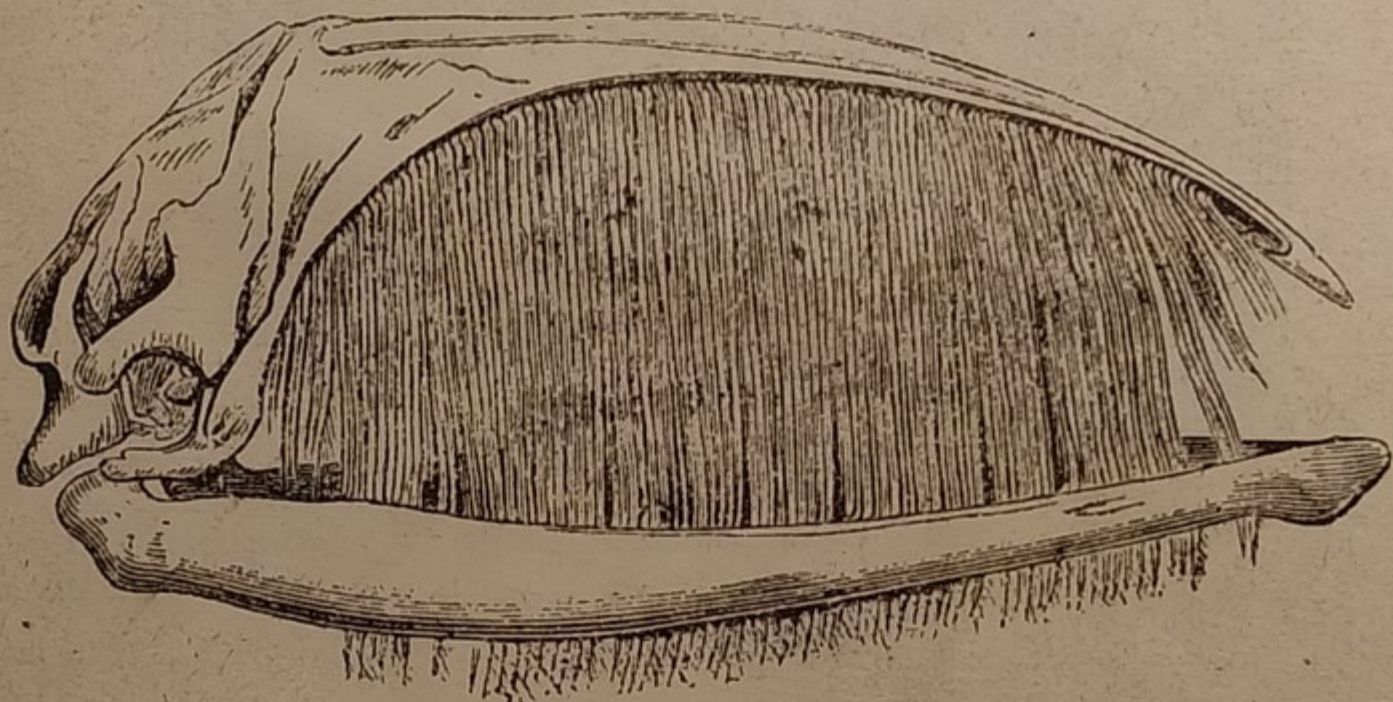



Fig. 340. Cranio di Balena con fanoni.

Sirenidi. — Assomigliano ai cetacei, ma hanno collo distinto, tracce di pelo, mammelle pettorali invece che inguinali, denti non conici ma tubercolati, mancanza di pinna dorsale, e sono erbivori. Esempi: *Manatus* (qualche specie) dell'Atlantico, ma che qualche volta rimonta i fiumi; *Halicore indica* del Mar Rosso e dell'Oceano indiano (detta *Dugong*).

Artiodattili. — Con unghie trasformate in zoccoli (v. fig. 109), e dita in numero pari, molto sviluppate, di cui quasi sempre due sole toccano terra. Es. il *Cinghiale (Sus scropha)* e la sua varietà domestica il *Maiale;* l'*Ippopotamo* dei fiumi africani *(Hippopotamus amphibius)* con pelle molto spessa e le quattro dita che poggiano

tutte a terra; il gruppo dei *Ruminanti* con molti generi e specie

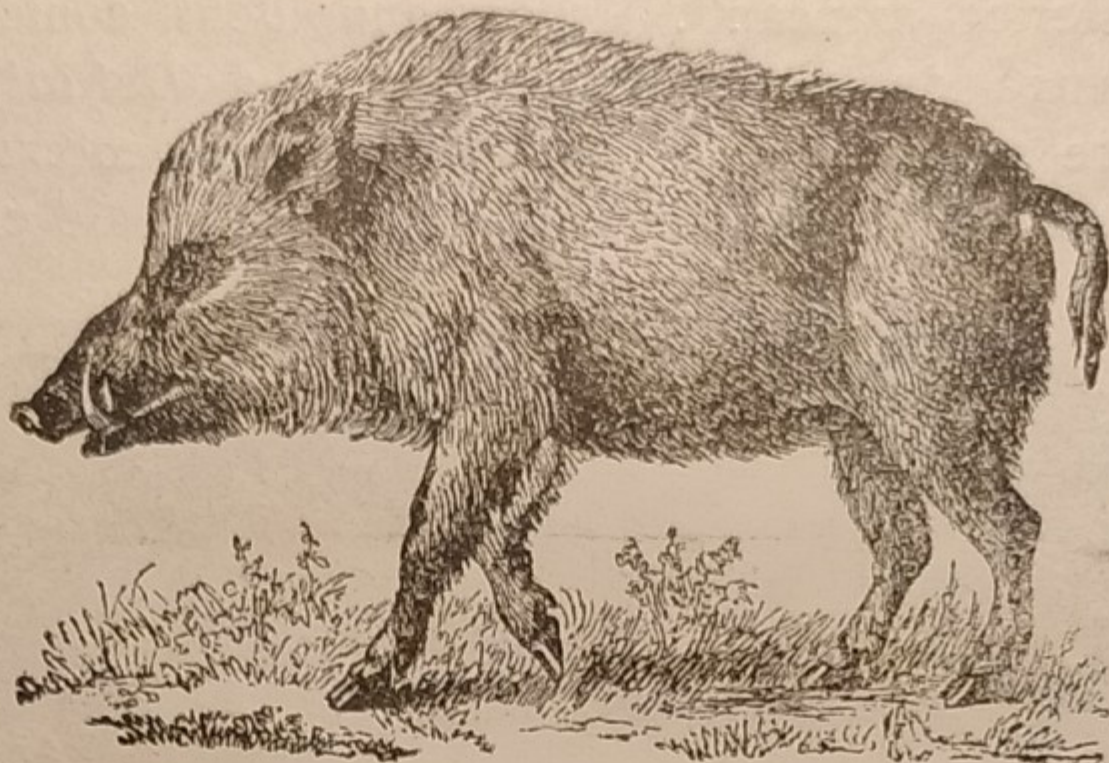



Fig. 341. - Cinghiale (*Sus scropha*).

come il *Bue (Bos taurus)*, la *Pecora (Ovis aries)*, la *Capra (Capra*

Fig. 342. - Ippopotamo (*Hippopotamus amphibius*).

Fig. 343. - Renna (*Rangif r*).

hircus), lo *Stambecco (Capra ibex)*, il *Camoscio (Rupicapra tragus)*,

le *Antilopi* africane (varii generi e specie), i *Cervi (Cervus èlaphus* ed altre specie), le *Renne (Rangifer,* varie specie), la *Giraffa (Camelopardalis Giraffa),* il *Cammello (Camèlus bactrianus)* con due gobbe dorsali, il *Dromedario (Camèlus dromedarius)* con una gobba sola, il *Lama* d'America *(Auchenia lama)* affine ai cammelli ma più piccolo e senza gobba.

Fig. 344. - Giraffa (*Camelopardalis giraffa*).

Perissodattili. — Piedi con zoccoli come i precedenti, ma con dita sviluppate in numero dispari (*uno* o *tre*, v. fig. 109). Es. il *Cavallo (Equus caballus),* l'*Asino (Equus asinus),* la *Zebra (Equus zebra)*; i *Rinoceronti (Rhinoceros* varie specie) con un corno sul muso *(R. indicus)* o con due *(R. africanus)* e tutti con pelle molto spessa e dura; il *Tapiro (Tapirus)* con varie specie d'America e delle Indie orientali, caratterizzate da una breve proboscide che prolunga il muso.

Proboscidati. — Con naso prolungato in una robusta proboscide prensile; con due incisivi sviluppatissimi formanti delle difese, e con molari composti (v. fig. 36); con piedi a cinque dita, di cui parte è provvista di piccoli zoccoli. Es. *Elefante asiatico* (*Èlephas indicus)* ed *E. africano (E. africanus)* viventi; inoltre parecchie e no-

tissime forme fossili, come il *Mammuth (E. primigenius)* col pelo lungo, e i *Mastodonti* colossali (*Mastodon*, varie specie).

Rosicanti. — Generalmente di piccole o di mediocri dimensioni;

Fig. 345. - Zebra. (*Equus zebra*.

hanno denti incisivi molto sviluppati e canini mancanti; piedi per lo più di cinque dita terminate da unghie. Comprendono moltissimi generi e specie: per es. la *Lepre* (*Lepus timidus*), il *Coniglio (Lepus cuniculus)*, l'*Istrice (Hystrix cristata)*, i *Topi* (gen. *Mus*, con

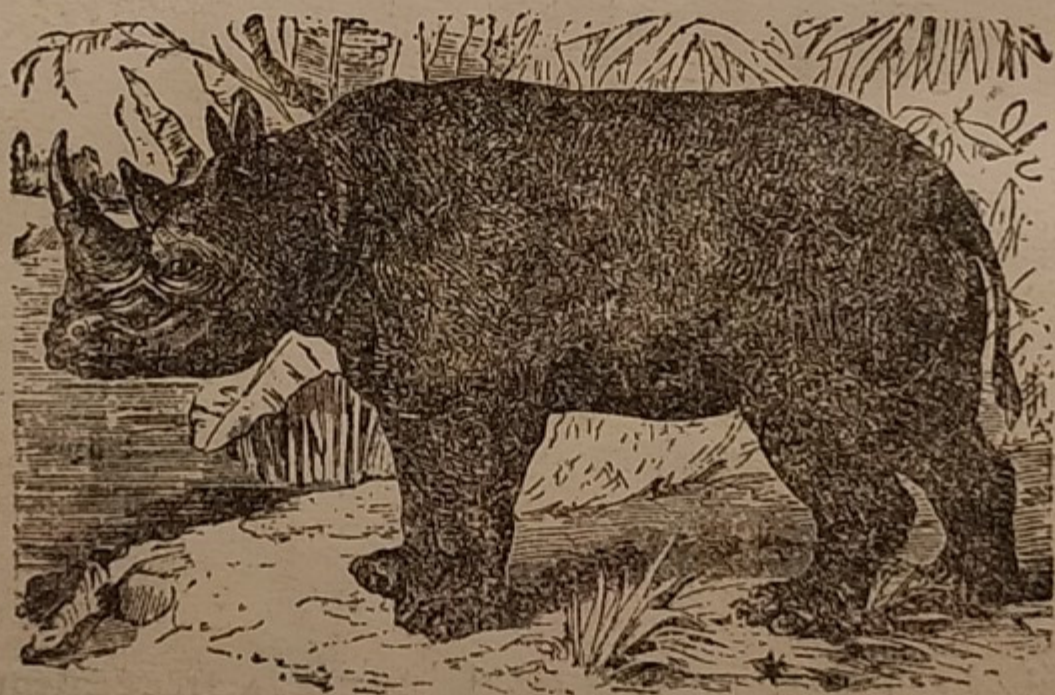



Fig. 346. Rinoceronte d'Africa (*Rhinoceros africanus*).

molte specie), il *Ghiro (Myoxus glis)*, lo *Scoiattolo (Sciurus vulgaris)*, il *Castoro (Castor fiber)*, la *Marmotta (Arctomys marmota)*, tutte forme notissime).

Pinnipedi. — Acquatici ma col corpo rivestito di peli, arti brevi trasformati in pinne, ma con le cinque dita distinte; dentatura completa. Es. le *Foche (Phoca. Leptonyx*, varie specie, qualcuna anche dei nostri mari), e il *Tricheco (Trichecus rosmarus)* dei mari artici, con denti canini superiori sviluppatissimi a guisa di difese.

Carnivori. — Caratterizzati specialmente dalla dentatura, che è completa, con canini molto sviluppati, come pure uno dei premo-

lari superiori e uno dei molari inferiori (detti denti *ferini)*; gli altri molari cuspidati. Dita (solitamente *cinque*) provviste di unghie ad artiglio; scheletro con clavicole rudimentali od assenti.

Vi appartengono i *Canidi (Canis familiaris, C. lupus, C. vulpes* ecc.); le *Jene (Hyaena striata* ed altre); gli *Orsi (Ursus mari-*

Fig. 347. - Tapiro d'America (*Tapirus americauus*).

timus od Orso bianco, *U. arctos* od Orso bruno, *U. americanus* od Orso nero d'America, ecc.); il *Tasso (Meles taxus)*, la *Martora (Mustela martes)*, la *Faina (Mustela foina)*, l'*Ermellino (Putorius er-*

Fig. 348. - Mammuth (*Elephas primigenius*), fossile.

mineus), la *Donnola (Putorius vulgaris)*, tutte forme notissime; inoltre la *Lontra (Lutra vulgaris)* con le dita palmate, atte alla vita acquatica dell'animale (fig. 354); le *Viverre (Viverra genetta* ed altre)

e finalmente i *Felini*, con molte forme conosciute, quali il *Gatto (Felis catus*, varietas *domesticus*), la *Lince (Felis lynx)*, il *Leone*

Fig. 349. - Istrice. (*Hystrix cristata*).

(F. leo), la *Tigre (F. tigris)*, il *Puma americano (F. còncolor)* ecc.

Insettivori. — Piccoli mammiferi col muso appuntito, con denta-

Fig. 350. Castoro (*Castor fiber*).

tura completa e denti tutti acuminati; zampe tozze provviste di unghie robuste; sono plantigradi, ossia camminano posando a terra tutta la pianta del piede. Esempi: il *Riccio (Erinaceus europaeus)*, la *Talpa (Talpa europaea* e *T. coeca)*, il *Toporagno comune (Sorex vulgaris)*, e il *Toporagno etrusco (Crocidura etrusca)* che è il più piccolo dei mammiferi.

Chirotteri. — Caratterizzati dalla presenza di una membrana che si stende fra le dita molto allungate dell'arto anteriore (fig. 108 e 358),

unendosi agli arti posteriori, alla coda, ai lati del corpo. Hanno dentatura completa simile in genere a quella degli insettivori. Si dividono nettamente in due sottordini: i *Frugivori*, con molari appiattiti,

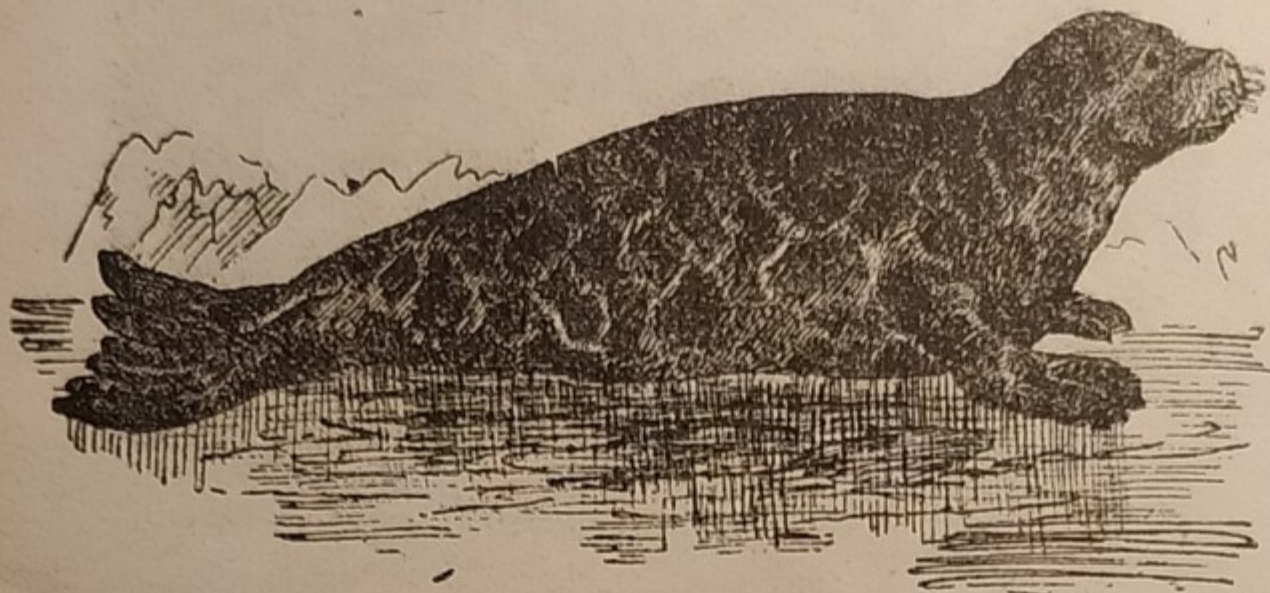



Fig. 351, A. - Foca monaca. (*Leptonyx monachus*).

Fig. 351, B. - Zampa di foca

Fig. 352. - Testa di Tricheco (*Trichecus rosmarus*, coi canini superiori prolungati a guisa di zanne.

orecchie piccole e coda rudimentale; sono relativamente grossi e, come dice il nome, si nutrono di frutti; per es. le *Rossette (Pteropus edulis*, ed altre specie, africane ed indiane soprattutto); gli

Fig. 353. - Cranio di carnivoro (Leone).

Insettivori, piccoli, con molari taglienti, orecchie più o meno grandi, coda normale; es. l'*Orecchione (Plecotus auritus)*, il *Ferro di ca-*

vallo (Rhynolophus ferrum equinum), il *Pipistrello comune (Vespe-*

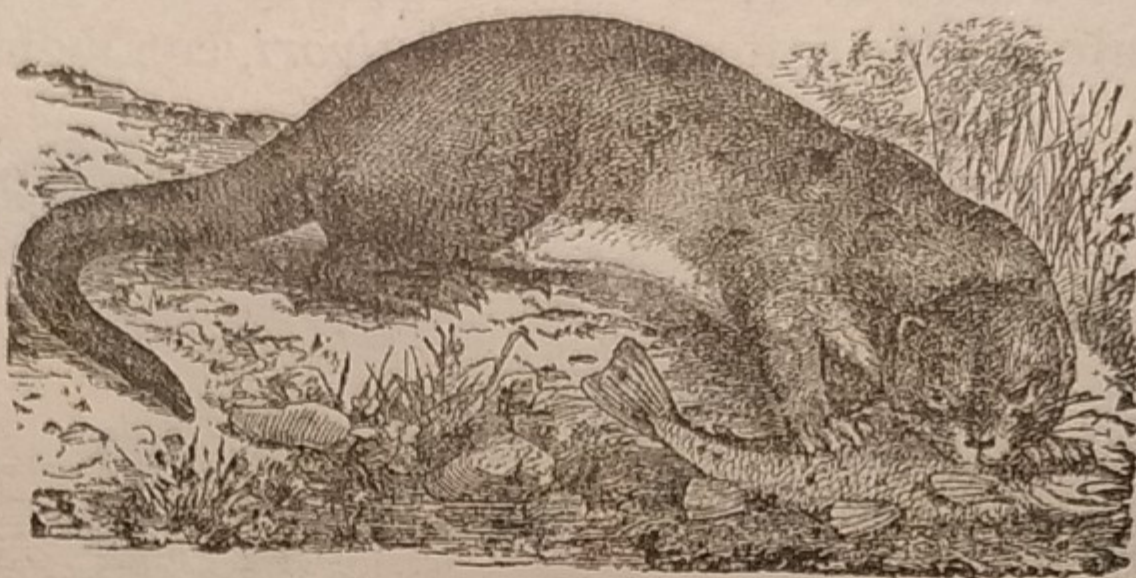



Fig. 354. - Lontra (*Lutra vulgaris*).

rugo pipistrellus), tutte forme nostrane notissime; inoltre i *Vampiri*

Fig. 355. - Riccio. (*Erinaceus europaeus*).

americani *(Vampyrus)* notevolmente più grandi, che si nutrono tanto d'insetti che di frutti, e alcuni generi affini, pure americani, che succhiano sangue aggredendo nel sonno grossi mammiferi, non escluso l'uomo (es. gen. *Diphylla*).

Prosimii. — Di statura media, con dentatura completa da insettivori, con orbite incomplete, con estremità degli arti prensili come quelle delle scimmie. Vivono sugli alberi nell'Asia meridionale e nell'Isola di Madagascar. Es. il *Maki* del Madagascar *(Lemur catta)*, il *Tarsio spettro (Tarsius spectrum)* della Malesia e delle Filippine. Si avvicinano a questi i *Galeopitechi (Galeopithecus* varie specie), che non hanno però le estremità prensili e presentano una larga membrana fra il corpo e gli arti, che funziona come una specie di paracadute (vivono anche nella Malesia e nelle Filippine).

Primati *(Scimmie)*. — A dentatura completa, ad estremità generalmente prensili, con unghie piatte almeno nell'alluce e nel pollice;

ossa facciali relativamente ridotte in confronto alle craniali, e quindi muso non molto sporgente (fig. 101). Comprendono tre distinti sottordini più un piccolo gruppo di transizione:

Fig. 356. - Toporagno. (*Sorex araneus*).

Fig. 357. - Rossetta (*Pteropus*).

Platirrini. — Naso con narici separate da un largo tramezzo,

Fig. 358. - Orecchione (*Plecotus auritus*).

(v. fig. 359) e quindi aperte lateralmente; hanno 36 denti; vivono in America. Per es. i *Cebi (Cebus capucinus* ed altre specie) e le *Scimmie urlatrici (Mycetes,* varie specie), con lunga coda prensile

Catarrini. — Narici separate da uno stretto tramezzo; 32 denti; sono asiatiche od africane. Es. i *Cercopitechi* dell'Africa occidentale *(Cercopithecus,* varie specie) con lunga coda ma non prensile, il *Mandrillo (Papio mormon)* pure dell'Africa occidentale, i *Macachi (Macacus)* dell'Asia meridionale, la *Bertuccia* (*Inuus ecaudatus*) con coda rudimentale, che si trova anche in Europa, presso Gibilterra.

Arctopitechi. — Con narici da platirrine ma con 32 denti; sono di transizione tra i due gruppi; hanno il pollice non opponibile, vivono in America. Es. gen. *Midas* con varie specie.

Antropomorfi. — Scimmie superiori, più o meno grosse, senza

Fig. 359. - Nasi di Scimmie; A, di Scimmia *catarrina*; B, di *platirrina*.

Fig. 360. - Cebo capuccino (*Cebo capucinus*).

coda, con arti anteriori molto lunghi; con denti e narici come le

Fig. 361. - Cercopiteco (*Cercopithecus*

(Fig. 362. - Gorilla (*Gorilla engena*)

catarrine. Es. L'*Orango* (*Satyrus orang*) di Borneo, il *Gorilla* (*Gorilla engèna*) dell'Africa equatoriale, lo *Scimpanzè* (*Troglodytes niger*) negli stessi luoghi del Gorilla.

* * *

Il posto preciso che debba spettare all'Uomo nella natura è tuttora discusso. Tenendo conto soltanto della sua struttura anatomica nel complesso, non v'è dubbio però che sia da interpretarsi come un *mammifero*, molto vicino ai *Primati*. Alcuni antropologi lo includono senz'altro in quest'ordine facendone una semplice famiglia (*Ominidi*); ma, considerando il grande sviluppo del cervello e della relativa scatola cranica, la pelle quasi tolalmente priva di peli, la stazione eretta e la conseguente differenza tra la mano ed il piede, l'attitudine della laringe a produrre suoni articolati, e vari altri caratteri ancora, sembra molto più giusta la costituzione di un ordine distinto, quello degli *Antropini*, già proposto da alcuni. È anche discusso se l'uomo formi una *specie sola* con parecchie varietà, o se (considerando soprattutto i pochi avanzi fossili) si possano riconoscere *varie specie* di Antropini, nel vero senso zoologico della parola « specie ». Certo è che si fanno tuttora molte confusioni in proposito, usandosi con la massima improprietà le espressioni tecniche zoologiche « *varietà, specie, genere* » e confondendole con distinzioni superficiali di altra natura, quali sono, per esempio, i *gruppi*, le *razze*, le *stirpi*. È strano che quegli stessi antropologi che non vedono nell'uomo i caratteri sufficienti per formarne un ordine distinto da quello dei Primati, vedano poi nelle secondarie differenze, mal definite, tra le diverse razze i caratteri sufficienti per distinguere niente meno che dei generi! Il problema non è per ora risolto; e crediamo quindi che giovi adottare provvisoriamente quelle espressioni assai vaghe, e parlare ancora di *razze umane* ma non di varietà, di specie, di generi. Anche la distinzione di queste razze è però difficile, ed è del resto, zoologicamente, di secondaria importanza. Aggiungeremo solo che la distinzione stessa non può essere basata sopra un solo carattere per quanto notevole, e che occorre tener conto contemporaneamente del *colorito della pelle* e *degli occhi*, del *tipo di capigliatura*, della *forma della testa* in genere e del *cranio* in particolare È probabile che, in avvenire, approfondendo gli studi si possa riuscire alla distinzione di vere *varietà zoologiche*, ma non forse di specie, e tanto meno di generi. Possono considerarsi come razze ben distinte le seguenti: I. *Australiana* (Australiani propr. detti, Tasmaniani, Papua, Melanesiani); II. *Africana* (quasi tutti gli Africani del centro e del sud, compresi i Madagascaresi in parte); III. *Boscimana* (Ottentoti ed altri nuclei eccezionali dell'Africa meridionale); IV. *Eurasiana* (Mongoli, Arabi, Turco-Tartari, Africani mediterranei, Europei); V. *Malese* (Malesi propr. detti e Polinesiani); VI. *Americana* (indigeni di tutta l'America); VII.

Artica (della Groenlandia, del Labrador, delle coste asiatiche ed americane del Mare Artico).

Il fatto di comprendere l'*uomo* nel sistema zoologico non deve implicare una svalutazione dei caratteri intellettuali e morali. È certo che se la nostra specie appartiene ancora al regno animale ne occupa per altro l'*estremo limite*, e che presumibilmente ai confini di un regno se ne inizia un altro. Qui anzi non è fuor di luogo rilevare una grande contraddizione della scienza materialistica, che mentre si vanta, e giustamente, di aver distrutto l'*errore geocentrico* (secondo il quale si riteneva la Terra quale centro dell'universo), e parla con compiacimento della miseria del nostro pianeta, trascurabile *atomo del firmamento*, non risparmia poi le manifestazioni del suo disprezzo per coloro che ammettono qualche superiore forma di vita non inaccessibile alla grande legge dell'evoluzione.

Ma la scienza moderna, fatta ad un tempo più profonda e men presuntuosa, vede in tutto l'insieme della natura le linee di un vasto disegno che si estende oltre l'orizzonte già noto ed assicura nuove fonti di tormento e di gloria agli studiosi dell'avvenire. E nel chiudere le pagine di questo libro scolastico mi sia lecito auspicare ad un giorno non lontano, in cui la *Storia naturale* non possa più essere invocata, come fu purtroppo per tutto un secolo, a sostegno di quell'arido materialismo, che poi direttamente conduce allo scetticismo ed all'egoismo, ma ritrovando le tracce di una via maestra smarrita, sia animatrice di ogni più alto ideale, di sana fede, di civili virtù.

INDICE

Prefazione alla 3ª edizione . . . . pag 1

NOZIONI GENERALI 3

LA CELLULA E I TESSUTI 11

Struttura della cellula 11
Funzioni della cellula 20
Associazioni cellulari in genere 25
Tessuti animali 27

GLI ORGANI E LE FUNZIONI 38

Organi e funzioni di digestione 38
Organi e funzioni di circolazione 66
Organi e funzioni di respirazione 74
Organi di escrezione e di secrezione 82
Cenni sulla riproduzione e sùllo sviluppo 89
Organi e funzioni di movimento 97
Organi e funzioni di senso 122
Organi di coordinazione e di percezione 141

GLI ANIMALI E L'AMBIENTE. 155

IL SISTEMA NATURALE 161

Albero filogenetico degli animali 171

SOMMARIO DI ZOOLOGIA DFSCRITTIVA 173

TIPO DEI PROTOZOI 173
Classe dei Rizopodi 173
Classe dei Flagellati 175
Classe dei Sporozoi 176
Classe dei Ciliati 179
Classe delle Acinete 179

TIPO DEI PORIFERI 179

TIPO DEI CELENTERATI 180
Classe degli Idrozoi 182
Classe degli Antozoi 183
Classe degli Scifozoi 183

TIPO DEI VERMI 185
Classe dei Platelminti 186
Classe dei Nemertini 190
Classe dei Nematelminti . . . , . . . 190
Classe degli Anellidi 192
TIPO DEI VERMOIDI 194
Classe dei Rotiferi 194
Classe dei Briozoi 195
Classe dei Brachiopodi 196
TIPO DEGLI ECHINODERMI 196
Classe degli Oloturoidi 198
Classe dei Crinoidi 199
Classe degli Asteroidi 199
Classe degli Echinoidi 200
TIPO DEI MOLLUSCHI 201
Classe degli Anfineuri 201
Classe dei Pelecipodi. 202
Classe degli Scafopodi 203
Classe dei Gasteropodi 203
Classe dei Cefalopodi 204
TIPO DEGLI ARTROPODI 207
Classe dei Crostacei 207
Classe degli Onicofori 209
Classe degli Aracnidi. 210
Classe dei Miriapodi 213
Classe degli Esapodi (Insetti) 214
TIPO DEI CORDATI 227
Sottotipo dogli Urocordati (Tunicati) 227
Sottotipo degli Olocordati (Acranii) 229
Sottotipo dei Notocordati (Vertebrati) 229
Classe dei Ciclostomi 230
Classe dei Pesci . . . . , . 230
Classe degli Anfibii 236
Classe dei Rettili 237
Classe degli Uccelli 240
Classe dei Mammiferi 248

Rocca S. Casciano, 1919. - Premiato Stabilimento Tipografico Licinio Cappelli.